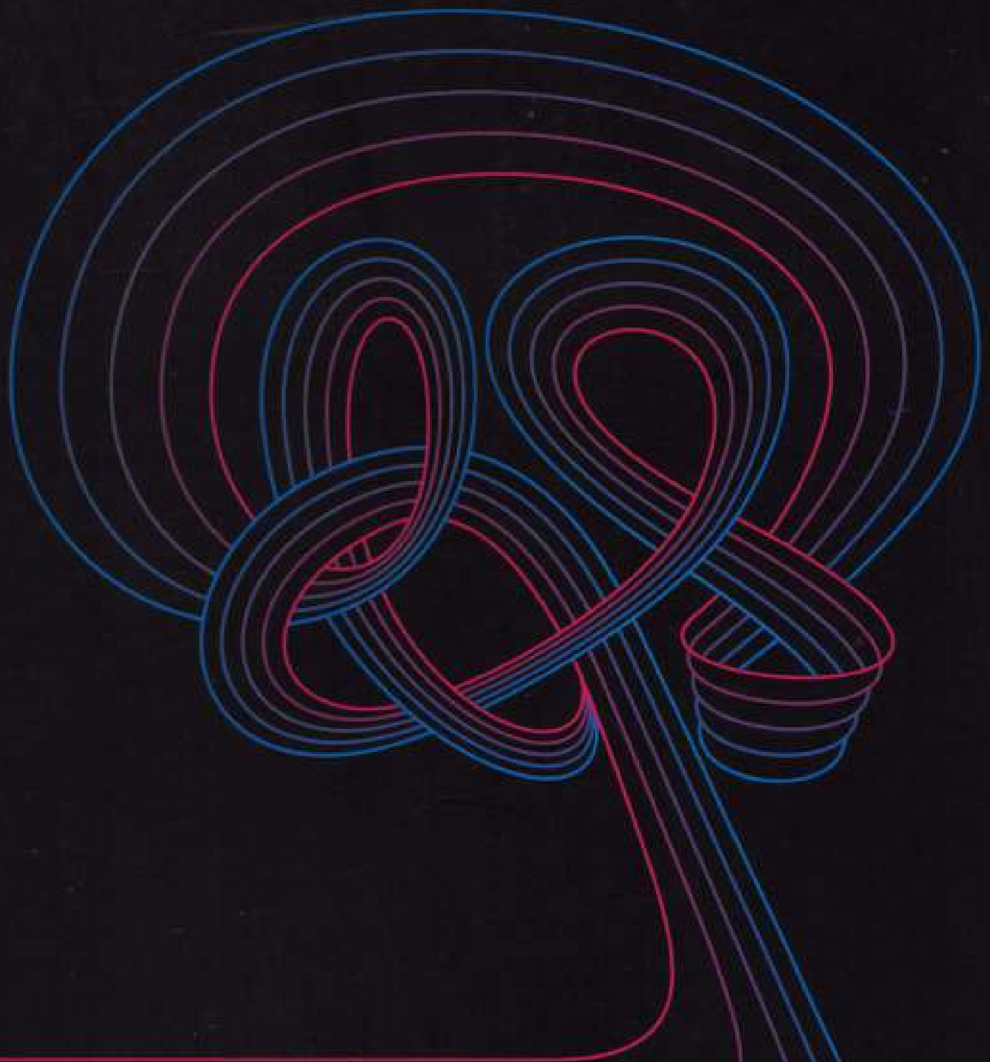


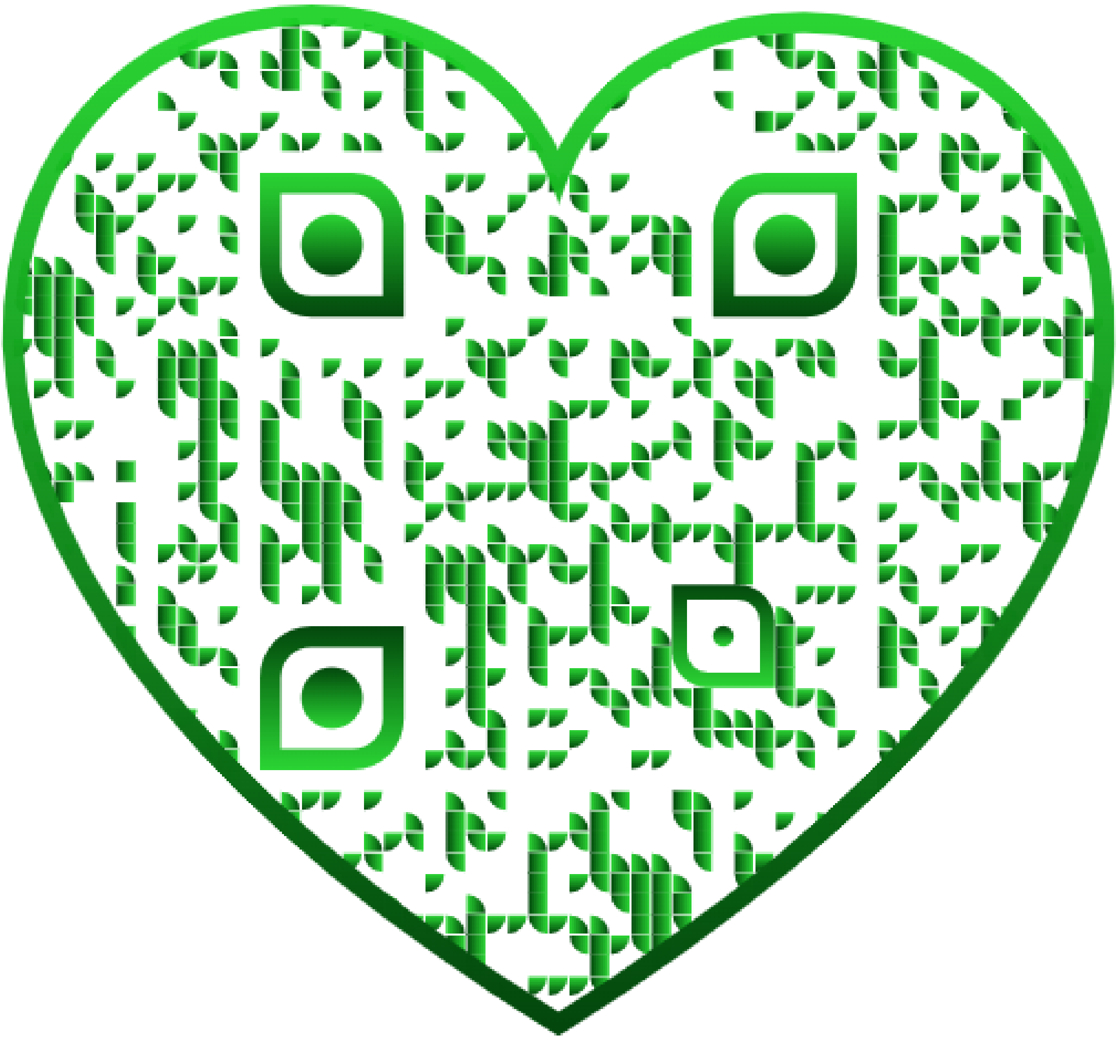
Daniel J. Levitin

A MÚSICA NO SEU CÉREBRO

A ciência de uma obsessão humana

"Infinitamente estimulante." – OLIVER SACKS, M.D

CIVILIZAÇÃO BRASILEIRA



A MÚSICA NO SEU CÉREBRO é o primeiro livro a alcançar uma abrangente compreensão da maneira como os seres humanos vivenciam a música e dos motivos que a fazem desempenhar um papel tão importante em nossa vida. Daniel Levitin desvenda o mistério desse perene caso de amor. Mas não seria o caso de falar, mais apropriadamente, de uma relação de amor e ódio? (Já aconteceu de um *jingle* não sair mais da sua cabeça?) Ao longo da História, certas canções foram consideradas subversivas e chegaram a ser proibidas. De onde vem esse poder?

Nesta inédita investigação do papel da música na evolução da espécie humana e no cotidiano de cada um de nós, Levitin une psicologia, neurociência e exemplos musicais, de Mozart a Eminem. Explica os elementos da música – altura, ritmo, andamento, métrica, intensidade, harmonia e melodia – e, baseando-se em diversas pesquisas, explora a percepção musical no cérebro humano. O desfile prossegue, de Bach a Count Basie, Creedence e Van Halen, empenhando-se o autor em mostrar que, dos tímpanos até as células que regulam a emoção no interior do cérebro, uma série de atividades é desencadeada quando ouvimos música – em casamentos, nos shopping centers, em boates ou na igreja. Ele também mostra como os compositores exploram nossa maneira de conferir sentido à realidade, como nossas preferências musicais começam a ser formadas antes de nascermos e como se constrói a qualificação musical.

Daniel J. Levitin

A música no seu cérebro

A ciência de uma obsessão humana

4ª edição

Tradução de
Clóvis Marques

Revisão técnica do
maestro Ricardo Prado

CIVILIZAÇÃO BRASILEIRA

Rio de Janeiro
2014

Copyright © 2006, Daniel J. Levitin

TÍTULO ORIGINAL
This is your brain on music: the science of a human obsession

Todos os direitos reservados, incluindo os de reprodução no todo ou em parte, em qualquer meio. Esta edição foi publicada mediante contrato com Dutton, um membro da Penguin Group (EUA) Inc.

PROJETO GRÁFICO DE MIOLO
Evelyn Grumach e João de Souza Leite

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA FONTE
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

Levitin, Daniel J.
L647m A música no seu cérebro: a ciência de uma obsessão humana / Daniel J. Levitin;
4ª ed. tradução de Clóvis Marques. – 4ª ed. – Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2014.

Tradução de: This is your brain on music : the science of a human obsession
Apêndice
Inclui bibliografia e índice
ISBN 978-85-200-0875-1

1. Música – Aspectos psicológicos. 2. Neurociências. I. Título.

CDD: 780.19
10-4430 CDU: 78:159.9

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução, armazenamento ou transmissão de partes deste livro, através de quaisquer meios, sem prévia autorização por escrito.

Este livro foi revisado segundo o novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa.

Direitos de publicação em língua portuguesa somente para o Brasil adquiridos pela
EDITORA CIVILIZAÇÃO BRASILEIRA
Um selo da
EDITORA JOSÉ OLYMPIO LTDA.
Rua Argentina 171 – 20921-380 – Rio de Janeiro, RJ – Tel.: 2585-2000

Seja um leitor preferencial Record.
Cadastre-se e receba informações sobre nossos lançamentos e nossas promoções.

Atendimento e venda direta ao leitor:
mdireto@record.com.br ou (21) 2585-2002

Impresso no Brasil
2014

Sumário

INTRODUÇÃO
Gosto de música e gosto de ciência: Por que misturar as duas coisas? 7

CAPÍTULO 1
O que é a música? 21
DA ALTURA AO TIMBRE

CAPÍTULO 2
Marcar o ritmo com os pés 65
COMO DISTINGUIR RITMO, INTENSIDADE E HARMONIA

CAPÍTULO 3
Por trás da cortina 95
A MÚSICA E A MÁQUINA MENTAL

CAPÍTULO 4
Expectativa 127
O QUE ESPERAMOS DE LISZT (E LUDACRIS)

CAPÍTULO 5
Você sabe o meu nome, procure o número 149
COMO CATEGORIZAR A MÚSICA

CAPÍTULO 6
Depois da sobremesa, Crick ainda estava a quatro cadeiras de mim 189
A MÚSICA, A EMOÇÃO E O CÉREBRO REPTILIANO

CAPÍTULO 7
De que é feito um músico? 217
DISSECANDO A QUALIFICAÇÃO

CAPÍTULO 8
Meus favoritos 249
POR QUE GOSTAMOS DE DETERMINADAS MÚSICAS?

CAPÍTULO 9
O instinto musical 277
O SUCESSO Nº 1 DA EVOLUÇÃO

APÊNDICE A
A MÚSICA NO SEU CÉREBRO 303

APÊNDICE B
ACORDES E HARMONIA 309

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS 315

AGRADECIMENTOS 345

ÍNDICE REMISSIVO 347

Introdução

Gosto de música e gosto de ciência: Por que misturar as duas coisas?

> Amo a ciência e me dói pensar que tanta gente se assusta com ela ou acha que optar pela ciência significa que não se pode escolher também a compaixão, ou as artes, ou se admirar com a natureza. O objetivo da ciência não é nos curar do mistério, mas reinventá-lo e revigorá-lo.
>
> Robert Sapolsky, *Why Zebras Don't Get Ulcers*, p. xii

No verão de 1969, quando tinha 11 anos, comprei um sistema estéreo na loja de som perto de casa. Desembolsei os 100 dólares que tinha recebido aparando a grama dos jardins vizinhos naquela primavera, a 75 *cents* a hora. Passava longas tardes no meu quarto ouvindo discos: Cream, Rolling Stones, Chicago, Simon e Garfunkel, Bizet, Tchaikovsky, George Shearing e o saxofonista Boots Randolph. Não colocava o volume muito alto, pelo menos não em comparação com a época da faculdade, quando cheguei a estourar o alto-falante por causa do volume extremamente alto, mas, ainda assim, era barulho demais para meus pais. Minha mãe é romancista; escrevia diariamente no escritório, logo adiante da sala, e sempre tocava piano durante uma hora antes do jantar. Meu pai era empresário; trabalhava oitenta horas por semana, metade delas em seu escritório em casa, à noite ou nos fins de semana. Como bom empresário, fez-me uma proposta: compraria um par de fones de ouvido, se eu prometesse usá-los sempre que ele estivesse em casa. Aqueles fones mudaram para sempre meu modo de ouvir música.

Os artistas da nova geração que eu ouvia estavam todos explorando pela primeira vez as possibilidades de mixagem em estéreo. Como os alto-falantes do meu sistema "três em um" de 100 dólares não eram muito bons, eu nunca tinha ouvido música com a profundidade dos fones de ouvido: a localização dos instrumentos à esquerda e à direita, mas também no espaço frontal e traseiro (reverberante). Para mim, ouvir discos já não era uma questão de estar ligado apenas nas canções, mas também no som. Os fones de ouvido me descortinaram um mundo de cores sonoras, uma paleta de nuances e detalhes que iam muito além dos acordes e da melodia, das letras ou da voz de determinado cantor. O clima turvo típico do Sul Profundo que encontrava em "Green River", do Credence, ou a beleza pastoral e os espaços abertos de "Mother Nature's Son", dos Beatles; os oboés na Sexta de Beethoven (regência de Karajan), distantes e afogados na reverberação ampla de uma igreja, com seu interior de pedra e madeira; o som era uma experiência envolvente. Os fones de ouvido transformaram a música numa experiência mais pessoal; de repente, ela vinha de dentro da minha cabeça, e não lá de fora, do mundo. Foi essa ligação pessoal, em última análise, que fez com que me tornasse engenheiro de som e produtor de gravações.

Muitos anos depois, Paul Simon me diria que o som também sempre foi a sua busca. "Quando ouço meus discos, minha atenção se volta para o som, não para os acordes ou as letras — minha primeira impressão é a do som global da gravação."

Larguei a universidade depois do incidente com os alto-falantes no meu dormitório e entrei para uma banda de rock. Chegamos até a gravar num estúdio de 24 canais na Califórnia, com um engenheiro de talento, Mark Needham, que depois gravaria discos de sucesso com Chris Isaak, Cake e Fleetwood Mac. Mark e eu nos tornamos amigos, provavelmente porque eu era o único interessado em ir à sala de controle para ouvir nosso som, enquanto os outros estavam mais preocupados em tomar umas e outras entre as sessões de gravação. Mark tratava-me como um produtor, embora na época eu nem soubesse o que era isso, perguntando-me como a banda queria que fosse o som. Ensinou-me quanto um microfone pode influenciar um som, dependendo de seu posicionamento.

Inicialmente, eu não conseguia perceber certas diferenças apontadas por ele, mas Mark me ensinou o que ouvir. "Observe que quando aproximo mais esse microfone do amplificador das guitarras, o som fica mais cheio, mais redondo, mais homogêneo; mas quando o afasto, ele capta um pouco da sonoridade ambiente, gerando um som mais espaçoso, embora perca um pouco do registro médio."

Nossa banda ficou razoavelmente conhecida em São Francisco, e nossas músicas eram tocadas nas estações de rock locais. Quando a banda se desfez — em consequência das frequentes tentativas de suicídio do guitarrista e da mania do vocalista de tomar óxido nitroso e de se cortar com lâminas de barbear —, consegui um trabalho como produtor de bandas. Aprendi a ouvir coisas que nunca ouvira antes: a diferença entre um microfone e outro e até entre uma marca de fita de gravação e outra (a Ampex 456 tinha um "batimento" característico nas baixas frequências; a Scotch 250, uma certa estridência nas frequências altas; a Agfa 467, um brilho maior nas médias). Depois de aprender o que ouvir, eu sabia distinguir a Ampex da Scotch ou da Agfa com a mesma facilidade com que distinguia uma maçã de uma pera ou de uma laranja. Passei a trabalhar com outros grandes engenheiros, como Leslie Ann Jones (que trabalhara com Frank Sinatra e Bobby McFerrin), Fred Catero (Chicago, Janis Joplin) e Jeffrey Norman (John Fogerty, Grateful Dead). Embora fosse o produtor — a pessoa que dirigia as sessões de gravação —, ficava intimidado com todos eles. Certos engenheiros me permitiam acompanhar suas sessões com outros artistas, como Heart, Journey, Santana, Whitney Houston e Aretha Franklin. Tive uma verdadeira formação podendo vê-los interagir com os artistas, falando de nuances sutis na maneira como a parte de uma guitarra era articulada ou sobre o resultado de uma performance vocal. Eles discutiam as sílabas numa canção e escolhiam entre dez diferentes interpretações. Sua capacidade auditiva era impressionante; como treinavam o ouvido para captar coisas que não estavam ao alcance dos meros mortais?

Trabalhando com bandas pequenas e desconhecidas, travei conhecimento com engenheiros e gerentes de estúdios, o que me incentivou a aperfeiçoar cada vez mais meu trabalho. Um belo dia, o engenheiro de

som não apareceu, e eu dei uma ajuda na edição das fitas de Carlos Santana. Em outra ocasião, o grande produtor Sandy Pearlman foi almoçar durante uma sessão do Blue Öyster Cult e me incumbiu de concluir a parte vocal. Uma coisa levou a outra, e passei mais de uma década produzindo discos na Califórnia. Tive a sorte de trabalhar com muitos músicos conhecidos. Mas também trabalhei com dezenas de anônimos, gente muito talentosa, mas que nunca alcançou o sucesso. Comecei a me perguntar por que certos músicos conquistam a fama enquanto outros permanecem na obscuridade; e por que a música é algo aparentemente tão fácil para alguns mas não para outros. De onde vem a criatividade? Por que certas canções nos comovem e outras nos são indiferentes? Qual o papel da percepção em tudo isso, a misteriosa capacidade dos grandes músicos e engenheiros de ouvir nuances que escapam à maioria das pessoas?

Essas questões me levaram de volta aos bancos escolares, em busca de respostas. Trabalhando ainda como produtor de discos, ia duas vezes por semana à Universidade de Stanford com Sandy Pearlman para ouvir as palestras de Karl Pribram sobre neuropsicologia. Percebi que a psicologia era o ramo no qual poderia encontrar respostas para algumas de minhas perguntas — perguntas sobre a memória, a percepção, a criatividade e o instrumento que está por trás de tudo isso: o cérebro humano. Em vez de encontrar respostas, o que consegui foram mais perguntas, como costuma acontecer na ciência. Cada uma abria minha mente para a apreciação da complexidade da música, do mundo e da experiência humana. Como observa o filósofo Paul Churchland, há muitas eras os seres humanos tentam entender o mundo, mas nos últimos duzentos anos, nossa curiosidade revelou boa parte do que a natureza mantinha oculto: do que é feito o espaço-tempo, a constituição da matéria, as muitas formas de energia, as origens do Universo e a natureza da própria vida, com a descoberta do DNA e a finalização do mapa do genoma humano, há apenas cinco anos. Mas um mistério não foi resolvido: o do cérebro humano e a forma como dá origem a pensamentos e sentimentos, esperanças e desejos, ao amor e à experiência da beleza, para não falar da dança, das artes visuais, da literatura e da música.

*

O que é a música? De onde vem? Por que certas sequências de sons nos comovem, enquanto outras — como o latido de um cão ou a freada de um carro — incomodam muitas pessoas? Essas são questões que ocupam boa parte da vida útil e de trabalho de alguns de nós. Para outros, contudo, a ideia de analisar a música dessa maneira é quase como querer estudar a estrutura química de uma tela de Goya, algo que impede de perceber a obra como um todo. Em Oxford, o historiador Martin Kemp aponta uma semelhança entre artistas e cientistas. Entre os primeiros, a maioria considera que seu trabalho é feito de experiências, de uma série de tentativas destinadas a explorar uma preocupação comum ou estabelecer um ponto de vista. Meu bom amigo e colega William Forde Thompson (cientista de cognição musical e compositor na Universidade de Toronto) acrescenta que no trabalho de cientistas e artistas existem etapas semelhantes de desenvolvimento: uma etapa criativa e exploratória de busca de ideias, ou *brainstorming*, seguida de etapas de teste e refinamento, normalmente por meio de procedimentos-padrão, mas que são influenciadas por outras formas criativas de solução de problemas. Estúdios e laboratórios também apresentam semelhanças, por exemplo, no desenvolvimento simultâneo de grande número de projetos, em diferentes estágios de incompletude. Em ambos os casos, são necessárias ferramentas especializadas, e os resultados — ao contrário do projeto de uma ponte suspensa ou da contagem do dinheiro acumulado em uma conta bancária ao término de um dia de negócios — são abertos a interpretações. O que artistas e cientistas têm em comum é a capacidade de viver numa condição de interpretação e reinterpretação dos resultados de seu trabalho. Em última análise, trata-se da busca pela verdade, mas ambos sabem que a verdade, por natureza, está ligada ao contexto e é mutável, dependendo do ponto de vista, e que as verdades de hoje podem tornar-se amanhã hipóteses irrefutáveis ou *objets d'art* esquecidos. Não é preciso ir além de Piaget, Freud e Skinner para encontrar teorias que depois de amplamente acatadas seriam derrubadas (ou pelo menos drasticamente reavaliadas). Na música, foi prematuramente atribuída grande importância a certos grupos: os Cheap Trick chegaram a ser considerados os novos Beatles, e a certa altura a *Rolling Stone Encyclopedia of Rock* dedicava

tanto espaço a Adam and the Ants quanto ao U2. Houve uma época em que parecia que um dia o mundo todo, ou quase, conheceria os nomes de Paul Stookey, Christopher Cross e Mary Ford. Para o artista, o objetivo da pintura ou da composição musical não é transmitir uma verdade literal, mas certo aspecto de uma verdade universal que possa seguir comovendo pessoas mesmo que o contexto, a sociedade ou a cultura não sejam os mesmos. Para o cientista, o objetivo de uma teoria é explicar a "verdade de agora" — substituir uma antiga verdade, aceitando, ao mesmo tempo, que um dia essa nova teoria será também substituída por uma nova "verdade", pois é dessa forma que a ciência avança.

A música diferencia-se de todas as outras atividades humanas por sua simultânea *ubiquidade* e *antiguidade*. Não temos notícia de nenhuma cultura humana atual ou de qualquer outra época que desconhecesse totalmente a música. Entre os mais antigos artefatos encontrados em escavações há instrumentos musicais: flautas de osso e tambores feitos com peles de animal esticadas sobre tocos de árvores. Onde quer que os homens se juntem por algum motivo, lá estará a música: casamentos, enterros, formaturas, partidas para a guerra, eventos esportivos em estádios, noitadas, orações, jantares românticos, mães ninando seus filhos, colegiais estudando. Ainda mais em culturas não industrializadas do que nas sociedades ocidentais modernas, a música é, como sempre foi, parte da vida cotidiana. Apenas há relativamente pouco tempo em nossa cultura, há cerca de quinhentos anos, veio a se manifestar uma distinção entre aqueles que fazem música e os que a ouvem. Em quase todo o mundo, e ao longo da maior parte da história humana, fazer música é uma atividade tão natural quanto respirar e caminhar, da qual todos participam. As salas de concerto dedicadas à performance musical surgiram apenas nos últimos séculos.

Jim Ferguson, que conheço desde a faculdade, é atualmente professor de Antropologia. Ele é uma das pessoas mais divertidas e inteligentes que conheço, mas é tímido — nem sei como consegue fazer palestras em seus cursos. Em seu doutoramento em Harvard, realizou uma pesquisa de campo no Lesoto, um pequeno país completamente cercado pela África do Sul. Lá, estudando e interagindo com os habitantes de uma aldeia,

Jim foi pacientemente conquistando sua confiança, até que, certo dia, foi convidado a cantar com eles. Entretanto, como tantas vezes acontece, respondeu em voz baixa: "Eu não sei cantar." E era verdade: fomos colegas na banda da faculdade, e, embora tocasse muito bem o oboé, ele não podia ser mais desentoado. Os aldeões acharam sua recusa intrigante e inexplicável. Os lesotianos consideram o ato de cantar algo corriqueiro, ao alcance de qualquer um, jovens e velhos, homens e mulheres, e não uma atividade reservada a poucos privilegiados.

Nossa cultura e, na verdade, nossa própria língua, estabelecem uma distinção entre os músicos extraordinários — os Arthur Rubinstein, as Ella Fitzgerald, os Paul McCartney — e o resto de nós, a quem cabe pagar para ouvir os especialistas que nos entretêm. Jim sabia que não era grande cantor ou dançarino, e, para ele, apresentar-se em público cantando ou dançando era coisa para especialistas. Os aldeões simplesmente ficaram olhando para ele e perguntaram: "Como assim, não sabe cantar?! Você não fala?" Mais tarde, Jim me contaria: "Foi tão estranho para eles, como se eu dissesse que não sabia andar ou dançar, embora tivesse as duas pernas." Cantar e dançar constituíam uma atividade natural na vida de todos, perfeitamente integrada à vida comum. Como em tantas outras línguas, o verbo lesotiano para "cantar" (*ho bina*) também quer dizer dançar; não há uma distinção, pois parte-se do princípio de que o canto implica movimentos corporais.

Cerca de duas gerações atrás, antes da televisão, muitas famílias se reuniam para fazer música. Hoje é muito grande a ênfase na técnica e na capacitação, na preocupação de saber se o músico é "suficientemente bom" para tocar para os outros. Fazer música tornou-se uma atividade de certa forma reservada em nossa cultura, e o resto de nós limita-se a ouvir. A indústria musical é uma das maiores dos Estados Unidos, empregando centenas de milhares de pessoas. Só a venda de discos gera US$ 30 bilhões por ano, total que não leva em conta as vendas de ingressos para shows, as milhares de bandas que tocam em bares nas noites de sexta-feira ou 30 bilhões de canções que foram baixadas gratuitamente da internet em 2005 graças a arquivos compartilhados. Os americanos gastam mais dinheiro com música do que com sexo ou remédios. Conside-

rando-se um consumo tão voraz, eu diria que a maioria deles pode ser considerada ouvintes especializados. Temos a capacidade cognitiva de identificar notas erradas, de encontrar a canção da qual gostamos, de lembrar centenas de melodias e de bater os pés no ritmo da música — atividade que envolve um processo tão complicado de marcação do compasso que não está ao alcance da maioria dos computadores.

Por que ouvimos música? E por que nos dispomos a gastar tanto dinheiro com isso? Duas entradas para um show podem facilmente custar tanto quanto os gastos semanais de alimentação de uma família de quatro pessoas, e um CD custa mais ou menos o mesmo que uma camisa comum ou uma tarifa telefônica mensal. Entendendo por que gostamos de música e o que nos atrai nela estaremos conhecendo melhor a essência da natureza humana.

Fazer perguntas sobre uma capacidade humana básica e onipresente significa implicitamente pensar sobre a evolução. Os animais desenvolveram certas formas físicas em reação às condições do ambiente, e as características que representavam uma vantagem no acasalamento eram transferidas para a geração seguinte por meio dos genes.

Um dos pontos mais sutis da teoria darwiniana é que os organismos vivos — plantas, vírus, insetos ou animais — evoluíram concomitantemente com o mundo físico. Em outras palavras, enquanto os seres vivos mudam em reação ao mundo, este também se transforma em reação a eles. Se determinada espécie desenvolve um mecanismo para manter afastado algum predador, a espécie de tal predador fica sob pressão evolutiva, no sentido de desenvolver uma forma de superar a defesa de sua presa ou de encontrar outra fonte de alimentação. A seleção natural é uma corrida armamentista de morfologias físicas em constante mudança para se manter na disputa.

Um campo científico relativamente novo, a psicologia evolutiva, amplia o conceito de evolução do mundo físico para o mental. O psicólogo cognitivo Roger Shepard, meu mentor quando eu era aluno da Universidade de Stanford, observa que não só nosso corpo, mas também nossa mente são produtos de bilhões de anos de evolução. Nossos pa-

drões de pensamento, predisposições para resolver problemas de determinadas maneiras, sistemas sensoriais — como a capacidade de ver as cores (assim como as cores específicas que enxergamos) — são igualmente produtos da evolução. Shepard vai além: nossa mente evoluiu paralelamente ao mundo físico, em reação a condições em constante transformação. Três alunos de Shepard — Leda Cosmides e John Tooby, da Universidade da Califórnia em Santa Bárbara, e Geoffrey Miller, da Universidade do Novo México — estão na vanguarda desse novo campo de estudo da evolução da mente, no qual os pesquisadores acreditam que podem aprender muito sobre o comportamento humano. Que função a música desempenhava para a humanidade à medida que evoluíamos? A música de 50 mil ou 100 mil anos atrás era certamente muito diferente da música de Beethoven, Van Halen ou Eminem. À medida que nosso cérebro evoluía, o mesmo acontecia com a música que ele nos permitia produzir e aquela que queríamos ouvir. Será que determinadas regiões e caminhos evoluíram em nosso cérebro especificamente para produzir e ouvir música?

Indo de encontro à antiga e simplista ideia de que a arte e a música são processadas no hemisfério direito do cérebro, e a linguagem e a matemática, no esquerdo, descobertas recentes em meu laboratório e nos de meus colegas demonstram que a música é distribuída por todo o cérebro. Em estudos com pessoas acometidas de danos cerebrais, encontramos pacientes que perderam a capacidade de ler um jornal, mas continuam lendo música, bem como indivíduos capazes de tocar piano, mas sem a coordenação motora necessária para abotoar a própria camisa. O ato de ouvir, tocar e compor música mobiliza quase todas as áreas do cérebro até agora identificadas, envolvendo aproximadamente todos os subsistemas neurais. Será que isso poderia explicar as afirmações de que o ato de ouvir música exercita outras partes da mente? De que ouvir Mozart durante vinte minutos por dia nos torna mais inteligentes?

A capacidade da música de evocar emoções manifesta-se em executivos de publicidade, cineastas, comandantes militares e mães. Os publicitários usam a música para fazer com que um refrigerante, uma cerveja, um tênis ou um carro pareçam mais interessantes que os produtos con-

correntes. Os cineastas a utilizam para dizer como devemos nos sentir diante de cenas que de outra maneira talvez ficassem ambíguas, ou então para intensificar nossos sentimentos num momento particularmente dramático. Imaginemos, por exemplo, uma típica cena de perseguição em um filme de ação ou uma mulher solitária subindo uma escada numa velha e sombria mansão: a música está sendo usada para manipular nossas emoções, e tendemos a aceitar, ou mesmo saborear, sua capacidade de nos fazer vivenciar esses diferentes sentimentos. Em todo o mundo, desde tempos imemoriais, as mães cantam baixinho para ninar seus bebês ou distraí-los de algo que os tenha feito chorar.

Muitas pessoas que gostam de música afirmam nada saber sobre ela. Pude constatar que vários de meus colegas que estudam temas difíceis e intrincados, como a neuroquímica ou a psicofarmacologia, sentem-se despreparados para lidar com a pesquisa no terreno da neurociência da música. Quem poderia culpá-los? Os teóricos da música têm toda uma série de expressões e regras misteriosas e refinadas que são tão obscuras quanto algumas das mais esotéricas áreas da matemática. Para quem não é músico, as manchas de tinta que, numa página, costumam ser chamadas de notação musical poderiam perfeitamente ser referentes à teoria dos grupos da matemática. Toda essa conversa de tonalidades, cadências, modulações e transposições pode ser desconcertante.

Mas o fato é que qualquer dos meus colegas que se sente intimidado por esse jargão pode perfeitamente dizer-me de que tipo de música gosta. Meu amigo Norman White é uma autoridade mundial no que diz respeito ao hipocampo dos ratos e na maneira como eles se lembram dos diferentes lugares em que estiveram. É um grande fã de jazz e pode falar de seus artistas favoritos com conhecimento de causa. Identifica instantaneamente a diferença entre Duke Ellington e Count Basie pelo som da música, podendo até distinguir o Louis Armstrong das primeiras fases e o das últimas. Norman não tem conhecimento técnico de música; é capaz de me dizer que gosta de determinada canção, mas não seria capaz de identificar os acordes. Mas é um especialista quando se trata daquilo de que gosta, o que, naturalmente, nada tem de inusitado. Muitos de nós

temos conhecimento prático das coisas de que gostamos e somos capazes de comunicar nossas preferências mesmo sem deter o conhecimento técnico do verdadeiro especialista. Sei, por exemplo, que gosto mais do bolo de chocolate de um restaurante que costumo frequentar do que do bolo de chocolate da cafeteria do meu bairro. Mas só um chef seria capaz de analisar o bolo — de decompor a experiência gustativa em seus diferentes elementos —, descrevendo as diferenças na qualidade da farinha, na gordura vegetal ou no tipo de chocolate usado.

É uma pena que tantas pessoas se sintam intimidadas pelo jargão que músicos, teóricos e cientistas cognitivos costumam empregar. Todas as áreas de investigação têm seu vocabulário específico (tente, por exemplo, entender todos os termos de um exame de sangue solicitado pelo seu médico). No caso da música, contudo, os especialistas e os cientistas podiam se esforçar mais para tornar seu trabalho acessível. Foi o que tentei neste livro. A defasagem artificial que se criou entre a performance musical e o ato de ouvir música tem sido acompanhada daquela entre os que gostam de música (e de falar sobre ela) e aqueles que estão descobrindo coisas sobre o seu funcionamento.

Um sentimento que meus alunos costumam revelar é o de que amam a vida e seus mistérios, temendo que um excesso de educação acabe por privá-los de muitos dos prazeres simples da vida. Os alunos de Robert Sapolsky provavelmente lhe diziam a mesma coisa, e eu sentia a mesma angústia em 1979, quando me mudei para Boston para frequentar o Berklee College of Music. E se, aprofundando-me no estudo da música e analisando-a, eu acabasse por destituí-la de seus mistérios? E se eu passasse a conhecer tanto de música que não mais sentisse prazer com ela?

Continuo sentindo tanto prazer com a música quanto na época daquele som barato com os fones de ouvido. Quanto mais aprendi sobre música e ciência, mais fascinantes elas se tornaram, e passei a ser mais capaz de apreciar aqueles que alcançam a verdadeira excelência em ambas. Tal como a ciência, a música revelou-se, ao longo dos anos, uma aventura nunca vivenciada duas vezes da mesma maneira. Ela tem sido para mim uma fonte constante de surpresa e satisfação. O que se constata é que a ciência e a música não são uma mistura tão estranha assim.

Este livro trata da ciência da música sob a perspectiva da neurociência cognitiva, o campo do conhecimento que está na interseção da psicologia com a neurologia. Discutirei alguns estudos recentes que eu e outros pesquisadores realizamos sobre a música e o significado e o prazer musicais. Descortinamos neles novas percepções sobre questões profundas. Se todos ouvimos música de modos diferentes, como explicar que certas obras toquem tantas pessoas — por exemplo, o "Messias", de Haendell, ou "Vincent (Starry Starry Night)", de Don McLean? Por outro lado, se ouvimos música da mesma forma, como explicar as enormes diferenças de preferência musical? Por que Mozart representa para uns o que Madonna representa para outros?

Nos últimos anos, a mente tem sido desvendada por uma verdadeira explosão no campo da neurociência e pelas novas abordagens da psicologia, decorrentes das inovadoras tecnologias de imagística do cérebro, de drogas capazes de manipular neurotransmissores, como a dopamina e a serotonina, e da boa e velha investigação científica. Menos conhecidos são os extraordinários avanços no entendimento da maneira como interagem nossos neurônios, graças à permanente revolução na tecnologia da informática. Começamos a entender os sistemas de computação de nossa cabeça. Hoje parece claro que a linguagem está estruturalmente inscrita em nosso cérebro. Até a própria consciência já não se encontra desalentadoramente envolta numa bruma mística, mostrando-se, antes, como algo que surge de sistemas físicos observáveis. Mas ninguém até hoje reuniu todos esses novos dados para elucidar aquela que é, para mim, a mais bela obsessão humana. O que o seu cérebro diz sobre a música é uma maneira de entender os mais profundos mistérios da natureza humana. Foi por isso que escrevi este livro.

Entendendo o que é a música e de onde vem, poderemos compreender melhor nossos motivos, medos e desejos, memórias e até a comunicação em seu sentido mais amplo. Seria o ato de ouvir música parecido com o de comer quando estamos com fome, satisfazendo assim uma necessidade? Ou estaria mais próximo de algo como assistir a um belo pôr do sol ou receber uma massagem, desencadeando sistemas de prazer

sensorial no cérebro? Por que as pessoas parecem aferrar-se às suas preferências musicais à medida que envelhecem, deixando de experimentar o contato com novas formas? Temos aqui a história da maneira como o cérebro e a música evoluíram paralelamente: aquilo que a música pode nos ensinar sobre o cérebro, o que o cérebro pode nos ensinar sobre a música, e o que ambos podem dizer a nosso respeito.

CAPÍTULO 1 O que é a música?

DA ALTURA AO TIMBRE

O que é a música? Para muitos, "música" significa apenas os grandes mestres: Beethoven, Debussy e Mozart. Para outros, "música" é Busta Rhymes, Dr. Dre e Moby. Para um dos meus professores de saxofone no Berklee College of Music — assim como para legiões de aficionados do "jazz tradicional" —, nada que tenha sido feito antes de 1940 ou depois de 1960 pode ser realmente considerado música. Na década de 1960, quando eu era garoto, tinha amigos que costumavam realmente ir à minha casa para ouvir os discos dos Monkees, porque eram proibidos pelos pais de ouvir qualquer coisa que não fosse música clássica ou hinos religiosos. Quando Bob Dylan ousou tocar uma guitarra elétrica no Festival Folk de Newport, em 1965, houve gente na plateia que se retirou, e muitos dos que ficaram vaiaram. A Igreja Católica proibiu toda música que contivesse polifonia (mais de uma linha musical em execução simultânea), temendo que as pessoas fossem levadas a duvidar da unidade de Deus. A Igreja proibiu também o intervalo da quarta aumentada, a distância entre a nota dó e o fá sustenido, também conhecida como trítono (o intervalo em que Tony canta o nome de Maria em *West Side Story* [*Amor, sublime amor*], de Leonard Bernstein). Esse intervalo era considerado tão dissonante que só podia ser obra de Lúcifer, tendo sido designado, por isso, *Diabolus in musica*. Foi a altura das notas que deixou a Igreja em polvorosa. E foi o timbre que resultou nas vaias a Dylan.

Compositores de vanguarda como Francis Dhomont, Robert Normandeau e Pierre Schaeffer ampliam os limites daquilo que a maioria de nós considera música. Indo além do uso da melodia e da harmonia, e

mesmo do uso dos instrumentos, esses compositores recorrem a gravações de objetos encontrados no mundo, como martelos, trens e quedas-d'água. Editam as gravações, jogam com a altura dos sons e os combinam numa colagem sonora com o mesmo tipo de trajetória emocional — o mesmo diálogo entre tensão e solução — que há na música tradicional. Tais compositores são como os pintores que extravasaram os limites da arte realista e representativa — os cubistas, os dadaístas, a maioria dos pintores modernos, de Picasso a Kandinsky e Mondrian.

O que a música de Bach, do Depeche Mode e de John Cage têm fundamentalmente em comum? No nível mais básico, o que distingue "What's It Gonna Be?", de Busta Rhymes, e a sonata "Patética", de Beethoven, por exemplo, da coleção de sons que podemos ouvir na Times Square ou em uma floresta tropical? Na famosa definição do compositor Edgard Varése: "A música é o som organizado."

Este livro adota uma perspectiva neuropsicológica sobre a maneira como a música afeta nosso cérebro, nossa mente, nossos pensamentos e nosso espírito. Mas antes, contudo, pode ser útil examinar do que é feita a música. Quais são as estruturas que a alicerçam? E como elas dão origem à música, uma vez organizadas? Os elementos fundamentais de qualquer som são a intensidade, a altura, o contorno, a duração (ou ritmo), o andamento, o timbre, a localização espacial e a reverberação. Nosso cérebro organiza esses elementos em conceitos do mais alto nível — exatamente como um pintor dispõe as linhas em formas —, entre os quais estão a métrica, a harmonia e a melodia. Quando ouvimos música, estamos, na realidade, percebendo múltiplos atributos ou "dimensões". Eis aqui um breve resumo deles.

- Um discreto som musical individual geralmente é chamado de *tom*. A palavra *nota* também é usada, mas os cientistas costumam guardá-la para se referir a algo que está anotado numa página de música, ou partitura. As duas palavras, *tom* e *nota*, referem-se à mesma entidade abstrata, designando a palavra *tom* o que ouvimos e a palavra *nota* o que vemos escrito numa partitura musical.

- A altura é um conceito puramente psicológico, relacionado ao mesmo tempo à frequência de determinado tom e à sua posição na escala musical. Tal conceito responde à pergunta: "Que nota é essa?" ("Dó sustenido.") Definirei adiante frequência e escala musical.
- O ritmo diz respeito à duração de uma série de notas, assim como à maneira como se agrupam em unidades. Por exemplo, na "Canção do alfabeto", também conhecida como "Twinkle, twinkle, little star", as notas são equivalentes em duração nas letras A B C D E F G H I J K (com uma pausa de igual duração entre G e H), e as quatro letras seguintes são cantadas com metade da duração, ou duas vezes mais rápido L M N O.
- O andamento refere-se à velocidade global da peça.
- O contorno remete ao delineamento de uma melodia, levando em conta apenas o padrão "para cima" e "para baixo" (para saber se uma nota sobe ou desce, e não em que medida o faz).
- O timbre é o que distingue um instrumento do outro — por exemplo, o trompete do piano — quando ambos tocam a mesma nota. É uma espécie de colorido tonal gerado em parte pelos sons harmônicos das vibrações do instrumento.
- A intensidade é um conceito puramente psicológico relacionado (de maneira não linear e de formas ainda não muito bem compreendidas) à amplitude física de um tom.
- A localização espacial diz respeito ao lugar de onde vem o som.
- A reverberação refere-se à percepção da distância entre a fonte sonora e o receptor, associada ao tamanho do espaço no qual a música é executada. Muitas vezes chamada de "eco" pelos leigos, a reverberação é a qualidade que distingue a amplitude sonora do canto em uma grande sala de concerto do som que produzimos quando cantamos no chuveiro. Sua importância na comunicação de uma emoção e na criação de um som agradável costuma ser subestimada.

Esses atributos são separáveis. Cada um deles pode ser variado sem alterar os demais, permitindo um estudo científico individualizado, motivo pelo qual podemos encará-los como dimensões. A diferença entre *música*

e um conjunto de sons aleatórios ou desordenados tem a ver com a forma como são combinados tais atributos fundamentais. Quando esses elementos se combinam, estabelecendo relações significativas, dão origem a conceitos mais elevados, como a métrica, a tonalidade, a melodia e a harmonia.

- A métrica é criada por nosso cérebro por meios da extração de informações do ritmo e do volume e se refere à maneira como as notas são agrupadas no tempo. A métrica de uma valsa organiza os tons em grupos de três; a de uma marcha, em grupos de dois ou quatro.
- A tonalidade refere-se à hierarquia entre as notas numa peça musical; essa hierarquia não existe no mundo real, apenas em nossa mente, em função de experiências com estilos e idiomas musicais, e com esquemas mentais que todos desenvolvemos para entender a música.
- A melodia é o tema principal de uma peça musical, a parte que acompanhamos cantando, a sucessão de notas que mais se destacam em nossa mente. O conceito de melodia é diferente de acordo com o gênero. No rock, em geral temos uma melodia para os versos e outra para o coro, sendo os versos diferenciados por uma mudança na letra e às vezes na instrumentação. Na música clássica, a melodia é o ponto de partida para que o compositor crie variações sobre esse tema, que pode ser usado de diferentes formas em toda a peça.
- A harmonia é o conjunto de relações entre a altura de diferentes notas e os contextos tonais que, estabelecidos por essa altura, geram expectativas quanto ao que virá em seguida numa peça musical — expectativas que um compositor habilidoso pode atender ou ignorar, com objetivos artísticos e expressivos. A harmonia pode significar simplesmente uma melodia paralela à principal (como acontece quando dois cantores harmonizam) ou referir-se a uma progressão de acordes — os grupos de notas que formam um contexto e um pano de fundo sobre o qual repousa a melodia.

A ideia de combinar elementos primitivos para criar arte — a importância das relações entre esses elementos — também se encontra nas artes

visuais e na dança. Entre os elementos fundamentais da percepção visual estão a cor (que pode ser decomposta em três dimensões: tonalidade, saturação e claridade), o brilho, a localização, a textura e a forma. No entanto, uma pintura é mais do que a reunião desses elementos: não é apenas uma linha aqui e outra ali, ou um ponto vermelho numa parte do quadro e uma mancha azul em outro. O que transforma um conjunto de linhas e cores em arte é a *relação* entre as linhas; a maneira como uma cor ou forma responde a outra numa área diferente da tela. Esses traços e linhas transformam-se em arte quando forma e fluxo (a maneira como nosso olho é conduzido pela tela) são gerados a partir de elementos perceptivos mais elementares. Quando são combinados harmoniosamente, acabam dando origem a perspectiva, primeiro plano e segundo plano, à emoção e a outros atributos estéticos. Da mesma forma, a dança não é apenas uma onda descontrolada de movimentos corporais sem conexão; as relações entre os movimentos criam integridade e integralidade, uma coerência e uma coesão que são processadas pelos níveis mais elevados do nosso cérebro. E, tal como nas artes visuais, a música não vem apenas das notas que soam, mas também das que não soam. Ficou famosa a comparação feita por Miles Davis entre sua técnica de improvisação e a maneira como Picasso dizia fazer uso da tela: segundo os dois artistas, o aspecto crucial do trabalho não eram os objetos em si mesmos, mas o espaço entre eles. No caso de Miles, a parte mais importante de seus solos, afirmava, era o espaço vazio entre as notas, o "ar" que colocava entre uma nota e a seguinte. Saber exatamente quando atacar a nota seguinte e dar tempo para que o ouvinte possa antecipá-la é uma das marcas do gênio de Davis. O que fica particularmente evidente em seu álbum *Kind of Blue*.

Para aqueles que não são músicos, termos como *diatônico, cadência* e mesmo *tonalidade* e *altura* podem representar uma barreira desnecessária. Os músicos e os críticos às vezes parecem colocar-se por trás de um véu de expressões técnicas aparentemente pretensiosas. Quantas vezes a leitura da resenha de um concerto no jornal dá a impressão de não ter-

mos a menor ideia do que o resenhista queria dizer? "A cantora não soube prolongar a *appogiatura* numa *roulade* digna deste nome." Ou então: "Não acredito que tenham modulado para dó sustenido menor! Que ridículo!" O que realmente queremos saber é se a música foi executada de forma a comover o público, se a cantora efetivamente parecia encarnar o personagem que interpretava. Talvez quiséssemos que o crítico comparasse a récita de hoje à da noite anterior ou a um conjunto diferente. Geralmente estamos interessados na música, não nos recursos técnicos utilizados. Não daríamos a mínima se um crítico de gastronomia começasse a especular sobre a temperatura exata em que o chef introduziu o suco de limão num molho *hollandaise* ou se um crítico de cinema falasse da abertura usada na lente pelo diretor de fotografia; tampouco deveríamos dar a mínima no caso da música.

Além disso, muitos dos que estudam música — e até musicólogos e cientistas — não têm o mesmo entendimento do que podem significar alguns desses termos. Usamos a palavra *timbre*, por exemplo, para nos referir à sonoridade ou ao colorido sonoro de um instrumento — aquele fator indescritível que distingue um trompete de uma clarineta quando tocam a mesma nota ou que diferencia a sua voz e a de Brad Pitt. Mas a impossibilidade de concordar quanto a uma definição levou a comunidade científica a uma inusitada desistência, definindo o timbre pelo que não é. (A definição oficial da Sociedade de Acústica da América é que o timbre é tudo aquilo que diz respeito ao som que não seja volume nem altura. Não podia ser mais preciso cientificamente!)

O que é a altura? Esta simples pergunta gerou centenas de artigos científicos e milhares de experiências. A altura está relacionada à frequência ou taxa de vibração de uma corda, de uma coluna de ar ou de outra fonte física. Se uma corda está vibrando de tal maneira que oscila 60 vezes por segundo, dizemos que tem uma frequência de 60 ciclos por segundo. Tal unidade de medida, ciclos por segundo, costuma ser chamada de Hertz (abreviadamente, Hz), do nome de Heinrich Hertz, físico teórico alemão que foi o primeiro a transmitir ondas de rádio (teórico até a raiz dos cabelos, ele teria respondido, ao ser perguntado sobre as utilizações práticas que as ondas de rádio poderiam ter: "Nenhuma").

Se você tentasse imitar o som de uma sirene do corpo de bombeiros, sua voz percorreria rapidamente diferentes alturas ou frequências (ao mudar a tensão em suas cordas vocais), algumas "baixas" e outras "altas".

As teclas esquerdas de um piano percutem cordas mais longas e espessas, que vibram numa velocidade relativamente lenta. As teclas do lado direito percutem cordas mais curtas e finas, que vibram numa velocidade maior. Tal vibração desloca moléculas de ar, fazendo-as vibrar na mesma velocidade — na mesma frequência — que a corda. São essas moléculas em vibração que chegam aos nossos tímpanos, fazendo-os oscilar na mesma frequência. A única informação sobre a altura dos sons que chega ao nosso cérebro provém dessa oscilação dos tímpanos; nosso ouvido interno e nosso cérebro precisam analisar o movimento dos tímpanos para perceber quais vibrações do mundo externo os fizeram oscilar dessa maneira.

Por convenção, dizemos que as teclas mais à esquerda no teclado produzem sons de altura "baixa", ou graves, e as que estão no lado direito do teclado, sons "altos", ou agudos. Ou seja, os sons que chamamos de graves são aqueles que vibram lentamente, estando mais próximos (na frequência de vibração) dos sons do latido de um cão grande. Os que chamamos de agudos são os que vibram rapidamente, mais próximos dos sons produzidos por um cãozinho bem pequeno. Mas até mesmo os termos grave e agudo são culturalmente relativos: os gregos referiam-se aos sons de maneira inversa, pois seus instrumentos de cordas tendiam a ser posicionados verticalmente. As cordas ou tubos de órgão mais curtos tinham suas extremidades mais próximas do chão, sendo por isso emissores das notas "baixas", ao passo que as cordas e tubos mais longos — voltados para Zeus e Apolo, no alto — eram associados às notas "altas". *Baixo* e *alto* — exatamente como *esquerda* e *direita* — são termos efetivamente arbitrários que no fim das contas precisam ser memorizados. Certos autores sustentam que "alto" e "baixo" são designações intuitivas, observando que os sons que consideramos altos são os produzidos pelos pássaros (que ficam lá no alto, nas árvores ou no céu), ao passo que os que consideramos baixos frequentemente são produzidos por mamíferos grandes e próximos do chão, como os ursos, ou provêm dos

sons baixos de um terremoto. Mas não parece convincente, já que os sons baixos também podem provir do alto (basta pensar num trovão) e os sons altos podem proceder de baixo (grilos e esquilos, folhas sendo esmagadas pelos pés).

Para estabelecer uma primeira definição de *altura*, digamos que é aquela qualidade que distingue primordialmente o som associado a executar uma nota no piano e não outra.

Pressionar uma tecla do piano faz com que um martelo percuta uma ou mais cordas em seu interior. Percutida, a corda se desloca, tensionando-se ligeiramente, e sua inerente elasticidade faz com que ela volte à posição original. Entretanto, ela vai além da posição inicial, continuando na direção oposta para em seguida tentar novamente retornar à posição original, mais uma vez ultrapassando-a e continuando a oscilar para um lado e para o outro. A cada oscilação, é coberta uma distância menor, e, com o tempo, a corda cessa completamente de se mover. É por isso que o som que ouvimos ao pressionar as teclas de um piano vai diminuindo até desaparecer. A distância que a corda percorre a cada oscilação é traduzida por nosso cérebro em termos de intensidade; a velocidade com que oscila traduz-se em termos de altura. Quanto mais longe for a corda, maior intensidade nos parecerá ter o som; quando ela mal chega a se deslocar, o som parece de pouca intensidade. Embora pareça contrário à lógica, a distância percorrida e a velocidade de oscilação são independentes. Uma corda pode vibrar muito rapidamente e percorrer uma distância grande ou pequena. Esse fator está relacionado à força da percussão da corda, o que corresponde a nossa intuição de que percutir algo mais fortemente gera um som de maior intensidade. A velocidade de vibração da corda é determinada principalmente pelo seu tamanho e pela tensão com que é esticada, não pela força com que é tocada.

Pode parecer que devêssemos simplesmente dizer que altura é o mesmo que frequência — quer dizer, a frequência de vibração das moléculas de ar. Quase chega a ser verdade. Raramente é simples assim a representação do mundo físico no mundo mental. Todavia, no caso da maioria dos sons musicais, altura e frequência estão intimamente relacionadas.

O conceito de altura refere-se à representação mental que um organismo tem da frequência fundamental de um som. Ou seja, é um fenômeno puramente psicológico relacionado à frequência de vibração das moléculas de ar. Dizendo "psicológico" quero dizer que está em nossas cabeças, e não no mundo exterior; é o produto final de uma cadeia de fenômenos mentais que dá origem a uma representação ou qualidade mental inteiramente subjetiva e interna. As ondas sonoras — moléculas de ar vibrando em diferentes frequências — não têm altura em si mesmas. Seus movimentos e oscilações podem ser medidos, mas é necessário um cérebro humano (ou animal) para transformá-las nessa qualidade interna a que chamamos de altura.

Percebemos as cores de forma semelhante, e foi Isaac Newton quem primeiro se deu conta disso. (Newton, naturalmente, é conhecido como o formulador da teoria da gravidade e o inventor do cálculo, juntamente com Leibniz. Como Einstein, Newton foi um estudante muito pobre, e os professores frequentemente se queixavam de sua falta de atenção. Ele acabaria sendo expulso da escola.)

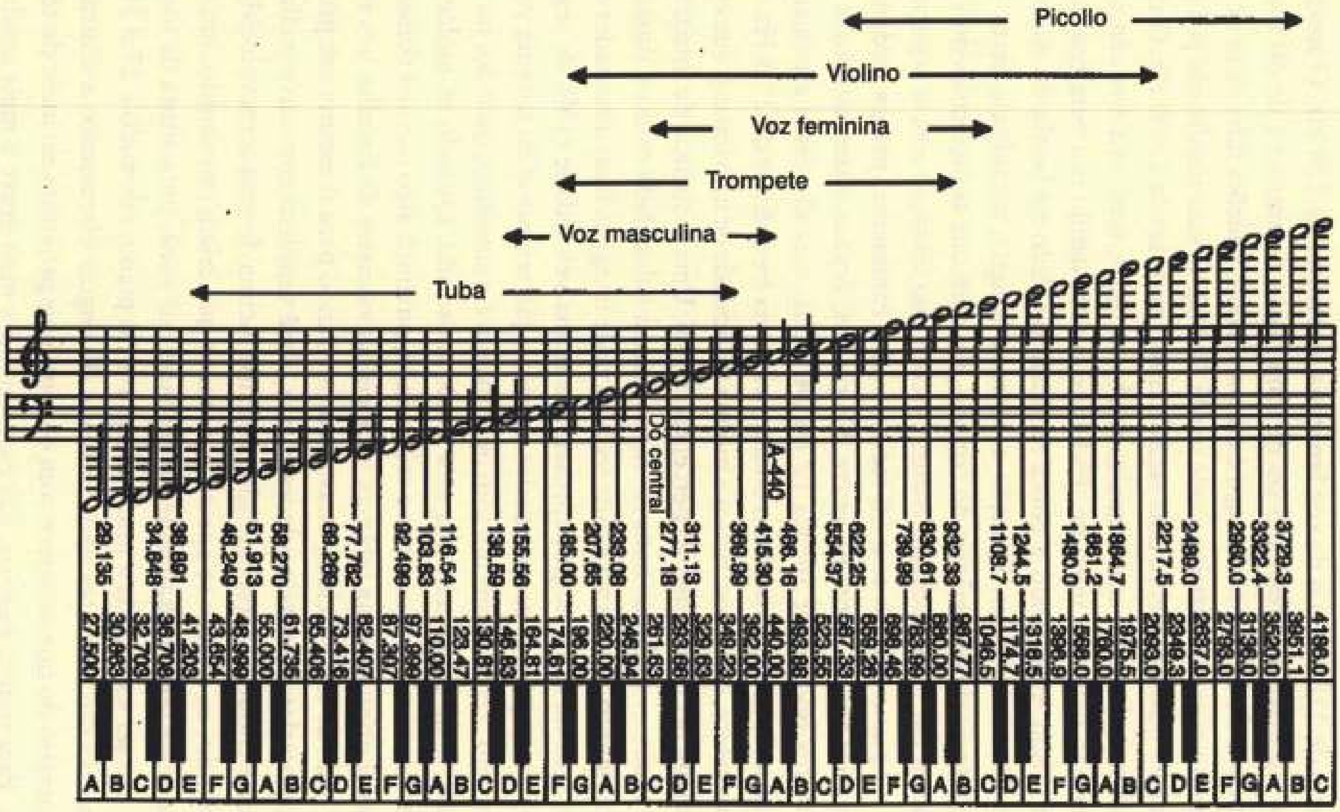
Newton foi o primeiro a assinalar que a luz não tem cor e, em consequência, a cor só pode manifestar-se dentro de nosso cérebro. Escreveu ele: "As ondas em si mesmas não são coloridas." Desde então, descobrimos que as ondas de luz são caracterizadas por diferentes frequências de oscilação e, no contato com a retina de um observador, desencadeiam uma série de fenômenos neuroquímicos cujo resultado final é uma imagem mental interna que chamamos de cor. A questão essencial, aqui, é que aquilo que percebemos como cor não é feito de cor. Embora uma maçã possa parecer vermelha, seus átomos não são vermelhos. Da mesma forma, como assinala o filósofo Daniel Dennett, o calor não é constituído de minúsculas coisas quentes.

Um alimento só tem sabor quando o levo à boca, no contato com minha língua. Não tem sabor nem cheiro quando está na geladeira, somente o potencial. Da mesma forma, as paredes de minha cozinha não são "brancas" quando não estou na cozinha. Continuam recobertas de pintura, naturalmente, mas a *cor* só se manifesta quando as ondas interagem com meus olhos.

As ondas sonoras atingem o pavilhão auricular e os tímpanos, desencadeando uma série de fenômenos mecânicos e neuroquímicos, cujo resultado é uma imagem mental interna a que chamamos de altura. Quando uma árvore cai na floresta, sem que haja ninguém por perto para ouvir, podemos dizer que produziu um som? (A pergunta foi feita pela primeira vez pelo filósofo irlandês George Berkeley.) Simplesmente, não: o som é uma imagem mental criada pelo cérebro em reação às moléculas em vibração. Da mesma forma, não pode haver altura sem a presença de um ser humano ou de um animal. Um dispositivo de mensuração adequado poderá registrar a frequência desencadeada pela árvore em queda, mas, na verdade, não se trata de altura se não for ouvida.

Nenhum animal é capaz de ouvir uma altura para cada frequência que existe, assim como as cores que efetivamente vemos representam apenas uma pequena parte de todo o espectro eletromagnético. Teoricamente, podemos ouvir o som de frequências pouco acima de zero ciclo por segundo até 100 mil ciclos por segundo ou mais, porém cada animal ouve apenas uma parte dos sons possíveis. Os seres humanos que não estejam acometidos de deficiência auditiva em geral podem ouvir sons que variam de 20 Hz a 20.000 Hz. As alturas graves soam como um ronco ou tremor indistinto — por exemplo, o som que ouvimos quando passa um caminhão na rua em frente (seu motor está gerando sons de 20 Hz) ou quando um carro envenenado com um baita sistema de som passa com os *subwoofers* no máximo. Certas frequências — abaixo de 20 Hz — são inaudíveis para os seres humanos porque nossos ouvidos, por suas propriedades fisiológicas, não são sensíveis a elas.

Ainda que a audição humana alcance frequências entre 20 Hz e 20.000 Hz, não significa que tenhamos a mesma percepção quando se trata da altura. Embora possamos ouvir sons em toda essa extensão, nem todos têm caráter musical; ou seja, não podemos atribuir inequivocamente uma altura a cada ponto dessa extensão. Por analogia, as cores nas extremidades infravermelha e ultravioleta do espectro carecem de definição em comparação com as que estão mais próximas do meio. A ilustração a seguir mostra o âmbito dos instrumentos musicais e a frequência a eles associada. No registro da fala, o som da voz masculina média fica em



Picollo
Violino
Voz feminina
Trompete
Voz masculina
Tuba
Dó central
A-440
29.135
34.648
38.891
46.249
51.913
58.270
69.269
77.782
92.499
103.83
116.54
138.59
155.56
185.00
207.65
233.08
277.18
311.13
369.99
415.30
466.16
554.37
622.25
739.99
830.61
932.33
1108.7
1244.5
1480.0
1661.2
1864.7
2217.5
2489.0
2960.0
3322.4
3729.3
27.500
30.863
32.703
36.708
41.203
43.654
48.999
55.000
61.735
65.406
73.416
82.407
87.307
97.999
110.00
123.47
130.81
146.83
164.81
174.61
196.00
220.00
246.94
261.63
293.66
329.63
349.23
392.00
440.00
493.88
523.55
587.33
659.26
698.46
783.99
880.00
987.77
1046.5
1174.7
1318.5
1396.9
1568.0
1760.0
1975.5
2093.0
2349.3
2637.0
2793.0
3136.0
3520.0
3951.1
4186.0
A B C D E F G A B C D E F G A B C D E F G A B C D E F G A B C D E F G A B C D E F G A B C D E F G A B C D E F G A B C

torno de 110 Hz, e o da voz feminina, em torno de 220 Hz. O zumbido das lâmpadas fluorescentes ou de uma fiação defeituosa é de 60 Hz (na América do Norte; na Europa e em países com padrões diferentes de voltagem e corrente elétrica, pode ser de 50 Hz). O som produzido por uma cantora quando quebra uma taça de cristal pode ser de 1.000 Hz. O vidro quebra-se porque, como qualquer objeto físico, tem uma frequência de vibração natural e inerente. Podemos ouvi-la dando um peteleco ou, se for cristal, esfregando a ponta molhada do dedo na borda do copo em movimento circular. Quando a cantora atinge a frequência certa — a frequência de ressonância do copo —, faz com que as moléculas do vidro vibrem em sua velocidade natural, e com essa vibração elas se separam.

O piano padrão tem 88 teclas; muito raramente, pianos podem ter algumas teclas extras no grave. Os pianos, órgãos e sintetizadores eletrônicos podem ter apenas 12 ou 24 teclas, mas são casos especiais. A nota mais grave num piano comum vibra na frequência de 27,5 Hz. Curiosamente, é mais ou menos a mesma velocidade de movimento que constitui um decisivo limiar na percepção visual. Uma sequência de fotografias — *slides* — exibidas mais ou menos nessa velocidade causa a ilusão de movimento. O cinema é uma sequência de imagens fixas alternadas com pedaços de filme negro, apresentada numa velocidade (1/48 de segundo) que supera as propriedades de resolução temporal do sistema visual humano. Percebemos um movimento suave e contínuo, quando, na verdade, nada do gênero nos está sendo mostrado. Quando as moléculas vibram mais ou menos nessa velocidade, ouvimos algo que soa como um tom contínuo. Se na infância você colocava cartas de baralho nos raios da roda de sua bicicleta, estava demonstrando para si mesmo um princípio correlato: em velocidades baixas, você simplesmente ouve o clique-clique-clique da carta batendo nos raios. Acima de uma certa velocidade, contudo, os cliques se aproximam tanto que criam um zunido, um tom que pode ser simultaneamente entoado por você: uma altura de som.

Ao ser executada a nota mais grave do piano, vibrando a 27,5 Hz, a maioria dos ouvintes não consegue distinguir claramente a altura, ao contrário do que acontece com os sons mais próximos do meio do teclado. Para muitas pessoas, nas extremidades mais grave e mais aguda do

piano as notas soam indistintas no que diz respeito à altura. Os compositores sabem disso, e utilizam ou evitam essas notas de acordo com aquilo que buscam em termos musicais e emocionais. Os sons com frequências acima da nota mais alta, por volta de 6.000 Hz ou mais, são ouvidos, em geral, como um apito muito alto. Acima de 20.000 Hz, a maioria dos seres humanos não ouve nada, e em torno dos 60 anos a maioria das pessoas não ouve muita coisa acima de 15.000 Hz aproximadamente, em decorrência de um enrijecimento das células ciliadas no ouvido interno. Desse modo, quando falamos da extensão das notas musicais ou da parte do piano na qual as alturas parecem mais claras à percepção, estamos falando de cerca de 3/4 das notas do teclado, entre 55 Hz e 2.000 Hz.

A altura é um dos principais recursos para a transmissão da emoção musical. Agitação, tranquilidade, romance e perigo são estados de ânimo identificados por determinados fatores, mas a altura está entre os mais decisivos. Uma única nota aguda pode transmitir empolgação, uma nota grave, tristeza. Quando as notas são tocadas simultaneamente, obtemos enunciados musicais ao mesmo tempo mais fortes e mais sutis. As melodias são definidas pelo padrão ou pela relação de sucessivas alturas ao longo do tempo; em geral não temos dificuldade em identificar uma melodia executada em uma tonalidade mais aguda ou mais grave que a anterior. Na verdade, muitas melodias não têm uma altura inicial "correta", flutuando livremente no espaço, a começar de qualquer ponto. "Parabéns para você" é um exemplo. Assim, uma das maneiras de pensar numa melodia é como um protótipo abstrato decorrente de combinações específicas de tonalidade, andamento, instrumentação e assim por diante. Uma melodia é um objeto auditivo que preserva sua identidade apesar das transformações, assim como uma cadeira mantém sua identidade quando é deslocada para outro lugar da sala, virada de cabeça para baixo ou pintada de vermelho. Portanto, por exemplo, quando ouvimos uma canção sendo executada mais alto do que estamos acostumados a ouvi-la, ainda assim a identificamos. O mesmo se aplica às mudanças na altura absoluta das notas, que pode ser alterada, desde que as distâncias relativas entre elas sejam mantidas.

O conceito de alturas relativas pode ser facilmente constatado na maneira como falamos. Quando fazemos uma pergunta, naturalmente elevamos a entonação da voz no fim da sentença, para indicar que se trata de um questionamento. Mas não nos preocupamos em fazer com que essa elevação se coadune com uma altura específica, basta concluir a frase um pouco acima da altura em que foi iniciada. Essa convenção prevalece na língua inglesa (mas não em todas), sendo conhecida na linguística como sinal prosódico. Existem convenções semelhantes para a música escrita segundo a tradição ocidental. Certas sequências de alturas sugerem calma; outras, agitação. O funcionamento disso no cérebro baseia-se primordialmente no aprendizado, exatamente como aprendemos que uma entonação ascendente indica uma pergunta. Todos temos a capacidade inata de aprender as distinções linguísticas e musicais da cultura em que nascemos, e a vivência da música modela nossas vias neurais de tal maneira que acabamos internalizando um conjunto de regras que prevalece nessa tradição musical.

Cada instrumento utiliza partes diferentes do âmbito das alturas. O piano é o de maior extensão, como se pode ver na ilustração anterior. Os outros instrumentos usam partes determinadas das alturas existentes, o que influencia a maneira como são empregados para transmitir emoção. O *piccolo*, com sua sonoridade aguda, estridente e semelhante ao canto de um pássaro, tende a evocar estados de ânimo alegres e frívolos, independentemente das notas executadas. Em virtude disso, os compositores tendem a usá-lo em músicas felizes ou animadas, como uma marcha de Sousa. Da mesma forma, em *Pedro e o lobo* Prokofiev usa a flauta para representar o pássaro e a trompa para fazer as vezes do lobo. A individualidade dos personagens de *Pedro e o lobo* se expressa nos timbres dos diferentes instrumentos, e cada um deles tem um motivo condutor — uma frase ou figura melódica associada a cada manifestação de ideia, pessoa ou situação. (Isso se aplica particularmente ao drama musical wagneriano.) Um compositor que escolhesse sequências de alturas, por assim dizer, tristes, só as confiaria ao *piccolo* se quisesse ser irônico. As sonoridades profundas e arrastadas da tuba ou do contrabaixo costumam ser usadas para evocar solenidade, gravidade ou peso.

Quantas alturas existirão? Como as alturas estão inseridas num contínuo — as frequências vibratórias das moléculas —, seu número seria infinito, do ponto de vista técnico: para cada par de frequências escolhidas, podemos sempre encontrar outra entre elas, e teoricamente existiria uma altura diferente. Mas nem toda mudança de frequência origina uma diferença de altura perceptível, assim como adicionar um grão de areia a uma mochila não alterará perceptivelmente o seu peso. Desse modo, nem todas as mudanças de frequência são úteis do ponto de vista musical. As pessoas diferem em sua capacidade de detectar pequenas mudanças de frequência; o treinamento pode ajudar, mas, de modo geral, as diferentes culturas não empregam distâncias muito menores que um semitom como base de sua música, e a maioria das pessoas não é realmente capaz de perceber mudanças menores do que um décimo de semitom, aproximadamente.

A capacidade de detectar diferenças de altura é uma questão fisiológica e varia de um animal para outro. A membrana basilar do ouvido interno humano tem células ciliadas seletivas, que são ativadas apenas em reação a uma certa faixa de frequências. As células estendem-se ao longo da membrana, das frequências baixas para as altas; os sons de baixa frequência excitam as células ciliadas de uma das extremidades da membrana basilar, os de frequência média excitam as células do meio, e os de frequência alta excitam as da outra extremidade. Podemos imaginar que a membrana contém um mapa de diferentes alturas, como se o teclado de um piano lhe fosse sobreposto. Como as diferentes notas se espraiam pela topografia superficial da membrana, temos o que é chamado de um mapa tonotópico.

A membrana basilar funciona como uma espécie de lâmpada sensível ao movimento; por exemplo, uma atividade em qualquer de suas partes faz com que um sinal elétrico seja enviado ao córtex auditivo, que também dispõe de um mapa tonotópico, com as notas dispostas, do grave ao agudo, ao longo de sua superfície. Nesse sentido, as diferentes áreas do cérebro reagem a diferentes alturas. A altura é tão importante que o cérebro a representa diretamente; ao contrário do que acontece com qualquer outro atributo musical, seria possível, mediante a colocação de

eletrodos no cérebro, determinar quais alturas estariam sendo executadas para uma pessoa simplesmente observando sua atividade cerebral. E embora a música se baseie em relações de altura, e não em alturas absolutas, é, paradoxalmente, a esses valores absolutos que o cérebro se mantém atento ao longo das diversas etapas do processamento.

Uma *escala* nada mais é do que uma série parcial dentro do número teoricamente infinito de alturas, e cada cultura as seleciona com base na tradição histórica ou de maneira algo arbitrária. As alturas escolhidas são então consagradas como parte desse sistema musical. São as notas que você pode ver na ilustração anterior. Os nomes "dó", "ré", "mi" e assim por diante são designações arbitrárias que associamos a determinadas frequências. Na música ocidental — baseada na tradição europeia —, essas alturas são as únicas consideradas "legítimas"; em sua maioria, os instrumentos são concebidos para tocar essas e não outras alturas. (Instrumentos como o trombone e o violoncelo constituem exceções, por serem capazes de deslizar entre as notas; trombonistas, violoncelistas, violinistas etc. gastam muito tempo aprendendo a ouvir e produzir as frequências exatas para tocar essas notas oficiais.) Os sons entre elas são considerados erros ("desafinados"), a menos que sejam usados com finalidades expressivas (tocar deliberadamente uma nota desafinada, de passagem, para aumentar a tensão emocional) ou na transição de uma nota oficial para outra.

A *afinação* diz respeito à relação exata entre a frequência de uma nota que está sendo tocada e determinado padrão, ou entre duas ou mais notas tocadas simultaneamente. Quando os músicos de uma orquestra estão cuidando da "afinação" antes de uma apresentação, o que estão fazendo é sincronizar seus instrumentos (que, naturalmente, sofrem variações nessa afinação com a expansão e a contração da madeira, do metal, das cordas e de outros materiais em consequência das mudanças de temperatura e umidade) em uma frequência-padrão ou, eventualmente, em relação aos outros instrumentos. Os músicos mais experientes muitas vezes alteram a frequência das notas de acordo com finalidades expressivas (exceto, claro, nos instrumentos de altura fixa, como o teclado e o

xilofone); tocar uma nota ligeiramente abaixo ou acima de seu valor nominal pode transmitir emoção, quando isso é feito com habilidade e talento. As alturas das notas também são alteradas para que fiquem mais afinadas com as que estão sendo executadas pelos outros músicos, caso um ou mais deles se afaste da afinação-padrão durante a execução.

Os nomes das notas na música ocidental são dó, ré, mi, fá, sol, lá e si — ou, nos países de língua alemã ou inglesa, as letras de A (que corresponde ao lá) a G (que corresponde ao sol). Na sequência das notas, o ré tem uma frequência mais alta que o dó (e, portanto, uma altura mais elevada), e o mi tem frequência mais alta do que ambas. Depois do si, os nomes das notas começam novamente com o dó. As notas de mesmo nome têm frequências múltiplas. Uma das várias notas que chamamos de lá tem uma frequência de 440 Hz, portanto todas as demais notas lá apresentam frequências equivalentes a duas, três, quatro ou cinco vezes essa frequência (ou sua metade).

Temos aqui uma qualidade fundamental da música. Os nomes das notas repetem-se devido a um fenômeno perceptivo que corresponde à duplicação e à divisão pela metade das frequências. Quando as duplicamos ou as dividimos ao meio, obtemos uma nota que soa de maneira extraordinariamente semelhante àquela com a qual começamos. Essa relação, em um quociente de frequência de 2:1 ou 1:2, é chamada de oitava. Ela é tão importante que, não obstante as enormes diferenças entre as culturas musicais — entre Índia, Bali, Europa, Oriente Médio, China e assim por diante —, todas as que conhecemos usam a oitava como base de sua linguagem, ainda que pouco mais tenham em comum. Tal fenômeno leva à ideia de circularidade na percepção das alturas, sendo semelhante à circularidade nas cores. Embora o vermelho e o violeta estejam em polos opostos do das frequências visíveis da energia eletromagnética, o fato é que em nossa percepção são cores semelhantes. O mesmo acontece na música, e se costuma dizer que ela tem duas dimensões, uma relativa às notas que vão subindo nas frequências (soando cada vez mais agudas) e outra ligada à percepção de que, por assim dizer, "voltamos para casa" toda vez que duplicamos a frequência de uma nota.

Quando homens e mulheres falam em uníssono, suas vozes geralmente estão apartadas em uma oitava, ainda que tentem falar exatamente na mesma altura. As crianças normalmente falam uma ou duas oitavas acima dos adultos. As duas primeiras notas da melodia "Somewhere Over the Rainbow", composta por Harold Arlen para o filme *O mágico de Oz*, formam uma oitava. Na canção "Hot Fun in the Summertime", de Sly and the Family Stone, o vocalista e o coro de apoio cantam em oitava no primeiro verso da estrofe. *End of the spring and here she comes back*. À medida que elevamos as frequências, tocando as notas sucessivas de um instrumento, é muito forte a sensação de que, quando duplicamos a frequência inicial, estamos como que "voltando para casa". A oitava é tão fundamental que até certas espécies animais — os macacos e os gatos, por exemplo — evidenciam a capacidade de tratar como semelhantes notas separadas por essa distância, exatamente como fazem os seres humanos.

Um *intervalo* é a distância entre duas notas. Na música ocidental, a oitava é subdividida em 12 notas espaçadas uniformemente (em termos logarítmicos). A distância intervalar entre o dó e o ré é chamada de tom ou tom inteiro. (A designação pode dar margem a confusão, já que as notas também são chamadas de tons; usarei a expressão *tom inteiro* para evitar ambiguidade.) A menor divisão no sistema da escala ocidental corta um tom inteiro ao meio do ponto de vista da percepção: é o semitom, que equivale a uma oitava.

Os intervalos formam a base da melodia, muito mais do que a altura das notas; o processamento melódico é relativo, e não absoluto, o que significa que definimos uma melodia por seus intervalos, não pelas notas efetivamente utilizadas para criá-la. Quatro semitons estabelecem invariavelmente o intervalo conhecido como terça maior, independentemente de ser a primeira nota um lá, um sol sustenido ou qualquer outra. Temos a seguir uma tabela dos intervalos do sistema musical ocidental:

Distância em semitons	*Nome do intervalo*
0	uníssono
1	segunda menor
2	segunda maior
3	terça menor
4	terça maior
5	quarta justa
6	quarta aumentada, quinta diminuta ou trítono
7	quinta justa
8	sexta menor
9	sexta maior
10	sétima menor
11	sétima maior
12	oitava

A tabela poderia ser estendida: 13 semitons formam uma nona menor, 14 semitons, uma nona maior etc., mas esses nomes costumam ser usados apenas em discussões mais avançadas. Os intervalos da quarta justa e da quinta justa são assim chamados porque soam particularmente agradáveis a muitas pessoas, e desde os gregos antigos essa característica específica da escala está no cerne de toda música. (Não existe uma "quinta injusta", trata-se apenas do nome que damos ao intervalo.) Quer ignoremos a quarta justa e a quinta justa quer as usemos a cada frase, o fato é que constituem a espinha dorsal da música há pelo menos 5 mil anos.

Embora as áreas do cérebro que reagem às alturas específicas tenham sido mapeadas, ainda não descobrimos a explicação neurológica da codificação das relações de altura; sabemos, por exemplo, que parte do córtex é mobilizada na audição das notas dó e mi, ou fá e lá, mas não sa-

bemos como nem por que os dois intervalos são ouvidos como uma terça maior, nem identificamos os circuitos neurais que estabelecem essa equivalência perceptiva. Essas relações devem ser estabelecidas no cérebro por processos de computação que ainda não foram muito bem identificados.

Se são identificadas 12 notas numa oitava, por que são apenas sete os nomes? Depois de séculos obrigados a comer com os criados e a entrar nos castelos pela porta dos fundos, pode ser que os músicos tenham inventado aqui uma complicação para que aqueles que não são músicos se sintam desconfortáveis. As cinco outras notas têm nomes compostos, como mi ♭(mi bemol) e fá # (fá sustenido). Não existe um motivo para que o sistema seja tão complicado, mas é assim que ele se nos apresenta.

O sistema fica um pouco mais claro diante do teclado do piano. As teclas brancas e pretas são espaçadas em disposição irregular — às vezes, duas notas brancas estão lado a lado, às vezes têm entre elas uma nota preta. Brancas ou pretas, do ponto de vista da percepção, a distância entre uma tecla e a seguinte sempre constitui um semitom, e a distância de duas teclas é sempre um tom inteiro. Isso se aplica a muitos instrumentos ocidentais; a distância entre um traste de guitarra e o seguinte é também de um semitom, e a pressão ou liberação de chaves adjacentes em instrumentos de madeira (como a clarineta e o oboé) altera igualmente a altura em um semitom.

As teclas brancas são denominadas dó, ré, mi, fá, sol, lá e si. As que ficam entre elas — as teclas pretas — são as de nomes compostos. A nota entre dó e ré é chamada de dó sustenido ou ré bemol, sendo as duas designações perfeitamente equivalentes, exceto nas mais formais discussões teóricas. (Na verdade, essa nota também poderia ser chamada de si duplo sustenido e, da mesma forma, o dó poderia ser chamado de ré duplo bemol, mas temos aqui uma configuração ainda mais teórica.) Sustenido significa elevado, e bemol, reduzido. Ré bemol é a nota um semitom abaixo do ré; dó sustenido é a nota um semitom acima do dó.

As notas de nomes compostos de modo algum podem ser consideradas "cidadãs" de segunda classe. São igualmente importantes, sendo as únicas utilizadas em certas canções e escalas. A título de exemplo, o principal acompanhamento de "Superstition", de Stevie Wonder, é tocado

exclusivamente nas notas pretas do teclado. Tomadas em seu conjunto, as 12 notas, juntamente com suas primas repetidoras em intervalos de oitavas, constituem os alicerces de todas as canções de nossa cultura. Qualquer música que você conheça, de "Deck the Halls" a "Hotel California", de "Ba Ba Black Sheep" ao tema de *Sex and the City*, é construída a partir de uma combinação dessas 12 notas e suas oitavas.

Para aumentar a confusão, os músicos também usam a palavra "semitonar" quando se está fora do tom; quando o músico executa a nota um pouco alto ou baixo demais (mas não o suficiente para chegar à nota seguinte da escala), dizemos que está semitonando. Naturalmente, é possível que o músico se desvie muito ligeiramente do centro da nota sem que ninguém perceba, mas quando o desvio é um pouco maior — digamos, entre um quarto e metade da distância entre a nota que tentava tocar e a seguinte —, a maioria de nós é capaz de perceber, e soa mal. Isso fica particularmente evidente quando há mais de um instrumento sendo tocado, pois a nota desafinada destoa das executadas simultaneamente pelos outros músicos.

Os nomes das alturas são associados a frequências específicas. O sistema que atualmente utilizamos é chamado de Lá440 porque ficou estabelecido que a nota, posicionada no centro do teclado de um piano, tem frequência de 440 Hz, o que é totalmente arbitrário. Poderíamos estabelecer para o lá qualquer frequência, como 439, 444, 424 ou 314.159; na época de Mozart, eram usados padrões diferentes dos atuais. Há quem sustente que as frequências exatas afetam a sonoridade global de uma peça musical e o som dos instrumentos. O Led Zeppelin costumava afinar seus instrumentos fora do moderno padrão Lá440 para conferir uma sonoridade diferente à sua música, e talvez para associá-la às canções folclóricas infantis europeias que inspiraram muitas de suas composições. Muitos puristas fazem questão de ouvir a música barroca em instrumentos da época, tanto por terem um som diferenciado quanto por terem sido concebidos para executar músicas no padrão original de afinação, o que consideram importante.

Podemos estabelecer as alturas como bem quisermos, pois o que define a música é o conjunto de relações entre elas. As frequências especí-

ficas das notas podem ser arbitrárias, mas a distância entre uma e a seguinte — e, portanto, entre uma nota e outra em nosso sistema musical — não o é em absoluto. Cada nota é espaçada de maneira uniforme aos nossos ouvidos (mas não necessariamente aos ouvidos de outras espécies). Embora não exista uma mudança uniforme nos ciclos por segundo (Hz) à medida que subimos de uma nota para a seguinte, a distância entre elas soa igual. Como isso se explica? A frequência de cada nota em nosso sistema é aproximadamente 6% maior que a da anterior. Nosso sistema auditivo é sensível tanto às mudanças relativas no som quando às proporcionais. Desse modo, cada aumento de 6% na frequência nos dá a impressão de que aumentamos a altura na mesma quantidade que da última vez.

A ideia da mudança proporcional faz sentido se pensarmos em termos de peso. Na academia de ginástica, se você quiser aumentar o peso dos halteres que levanta de 2 para 20 quilos, o fato de adicionar 2 quilos por semana não alterará de maneira uniforme o total do peso a ser levantado. Depois de uma semana levantando 2 quilos, ao passar para 4 quilos você estará dobrando o peso; na semana seguinte, quando passar para 6 quilos, estará aumentando em 50% o peso que levantava até então. Um espaçamento uniforme — para que seus músculos tivessem de trabalhar com um aumento semelhante de peso semanalmente — consistiria em adicionar de cada vez um percentual constante do peso da semana anterior. Por exemplo, você poderia decidir aumentar 50% a cada semana, e passaria, então, de 2 quilos para 3 quilos, depois para 4,5 quilos, em seguida para 6,75 e assim por diante. O sistema auditivo funciona da mesma maneira, e é por isso que nossa escala se baseia numa proporção: cada tom é 6% mais alto que o anterior, e quando o aumentamos em cada intervalo, repetindo isso 12 vezes, chegamos a uma frequência que é o dobro da inicial (a proporção real é raiz doze de dois — $\sqrt[12]{2}$ — = 1,059463...).

As 12 notas do nosso sistema musical constituem a chamada escala cromática. Qualquer escala é simplesmente um conjunto de alturas musicais escolhidas para serem distinguidas umas das outras e usadas como base na construção de melodias.

Na música ocidental, raramente usamos todas as 12 notas da escala cromática numa composição; mais habitual é a utilização de um conjunto parcial de sete (ou, com menor frequência, cinco) dessas notas. Cada um dos conjuntos parciais constitui uma escala, com influência direta na sonoridade global de uma melodia, assim como em suas qualidades emocionais. O conjunto mais comum de sete notas utilizado na música ocidental é chamado de escala maior ou modo jônio (em referência às suas origens na Grécia antiga). Como todas as outras, pode começar em qualquer das 12 notas, e o que a define é a relação ou o padrão específico de distância entre as notas. Em qualquer escala maior, o padrão dos intervalos — a distância entre as alturas das sucessivas notas — é: tom inteiro, tom inteiro, semitom, tom inteiro, tom inteiro, tom inteiro, semitom.

Começando no dó, as notas da escala maior são dó-ré-mi-fá-sol-lá-si-dó, todas teclas brancas no teclado do piano. Em todas as demais escalas maiores, é necessária uma ou mais notas pretas para manter o padrão entre tons inteiros e semitons. A altura inicial também é chamada de tônica ou tom fundamental.

O posicionamento dos dois semitons na sequência maior é crucial; isso não apenas distingue a escala maior, mas também é um importante ingrediente nas expectativas musicais. Ficou demonstrado em certas experiências que crianças pequenas, assim como adultos, aprendem e memorizam melhor melodias baseadas em escalas que apresentam essa irregularidade de intervalos. A presença dos dois semitons e as posições específicas ocupadas por eles orientam o ouvinte quanto ao ponto em que se encontra na escala. Todos sabemos perfeitamente, ao ouvir um si na tonalidade de dó — ou seja, quando as notas pertencem primordialmente à escala de dó maior —, que se trata da sétima nota (ou "grau") dessa escala, e que ela fica apenas um semitom abaixo da tônica, embora a maioria de nós não saiba dar nome às notas e talvez nem sequer tenha noção do que é uma tônica, uma fundamental ou um grau. Assimilamos a estrutura dessa e de outras escalas ao longo da vida, ouvindo música e convivendo com ela de forma passiva (sem preocupações teóricas). Esse conhecimento não é inato, mas adquirido pela experiência. Da mesma forma, não precisamos ter noções de cosmologia para saber que o Sol

nasce toda manhã e se põe à noite — aprendemos essa sequência de acontecimentos em grande medida pelo convívio passivo.

Padrões diferentes de tons inteiros e semitons dão origem a escalas alternativas, sendo a mais comum (em nossa cultura) a escala menor. Existe uma escala menor que, tal como a em dó maior, utiliza apenas as teclas brancas do piano: a escala de lá menor. Suas notas são lá-si-dó-ré-mi-fá-sol-lá. (Por utilizar as mesmas notas, só que em ordem diferente, lá menor é considerada "relativa menor da escala de dó maior".) O padrão de tons inteiros e semitons é diferente do encontrado na escala maior: inteiro-semi-inteiro-inteiro-semi-inteiro-inteiro. Note-se que a posição dos semitons é muito diferente daquela da escala maior; nesta, encontramos imediatamente antes da tônica um semitom que "conduz" diretamente a ela, bem como outro imediatamente antes do quarto grau da escala. Na escala menor, os semitons encontram-se antes do terceiro e do sexto graus. Continua havendo, nessa escala, um impulso para voltar à tônica, mas os acordes que o geram têm sonoridade e trajetória emocional claramente diferentes.

A essa altura, você poderia perguntar: Se essas duas escalas usam exatamente as mesmas notas, como saberei qual das duas estou ouvindo? Se o músico está tocando as teclas brancas, como posso saber se está na escala de lá menor ou na de dó maior? A resposta é que, de maneira totalmente independente de nossa consciência, nosso cérebro está atento ao número de vezes que determinadas notas são executadas, à maneira como se posicionam em relação aos tempos fortes e fracos e à sua duração. Com base nessas propriedades, nosso cérebro efetua uma dedução a respeito da tonalidade que ouvimos. Temos aqui mais um exemplo de algo que quase todos nós podemos fazer sem treinamento musical ou aquilo que os psicólogos chamam de conhecimento declarativo — a capacidade de falar a respeito. Apesar da ausência de uma educação musical formal, sabemos o que o compositor pretendeu estabelecer como centro tonal da peça e reconhecemos o momento em que ele nos leva de volta ao ponto de partida da tônica ou quando deixa de fazê-lo. A forma mais simples de identificar uma tonalidade, portanto, é executar a tônica muitas vezes, de maneira prolongada e alta. E ainda que o compositor

pense que está compondo em dó maior, se levar os músicos a tocar a nota lá muitas e muitas vezes, em volume alto e demoradamente, se começar e terminar a peça no lá e — mais importante — evitar o dó, o público, os músicos e os teóricos musicais muito provavelmente decidirão que a obra foi escrita em lá menor, ainda que não fosse essa a intenção do autor. Exatamente como nas multas de trânsito, também nas tonalidades musicais o que importa é o que se pode observar, não a intenção.

Por motivos essencialmente culturais, tendemos a associar as escalas maiores a emoções felizes ou triunfantes, e as menores, à tristeza ou derrota. Certos estudos parecem demonstrar que tais associações poderiam ser inatas, mas o fato de não serem universais indica, no mínimo, que qualquer tendência inata pode ser transcendida pelo contato com culturas específicas. A teoria musical ocidental identifica três escalas menores, cada uma de sabor ligeiramente diferente. O blues geralmente utiliza uma escala de cinco notas (pentatônica), que constitui um subconjunto da escala menor, ao passo que a música chinesa recorre a outra escala pentatônica. Quando Tchaikovsky nos quer pôr em contato com a cultura árabe ou chinesa no balé *Quebra-Nozes*, ele escolhe escalas típicas da música desses povos e, em questão de poucas notas, somos transportados para o Oriente. Quando Billie Holiday quer conferir uma coloração de blues a uma melodia conhecida, ela recorre à escala desse tipo musical, cujas notas não estamos acostumados a ouvir na música clássica padrão.

Os compositores têm domínio dessas associações e recorrem intencionalmente a elas. Nosso cérebro também as conhece, graças aos anos de convívio com linguagens musicais, padrões, escalas, letras de músicas e associações entre esses elementos. Cada vez que ouvimos um padrão musical novo, nosso cérebro tenta estabelecer uma associação por meio de quaisquer pistas visuais, auditivas ou de outros sentidos; tentamos contextualizar os novos sons e acabamos criando ligações mnemônicas entre um determinado conjunto de notas e um lugar, um momento ou uma série de fatos. Qualquer pessoa que tenha visto *Psicose*, de Hitchcock, fatalmente se lembrará da cena do chuveiro ao ouvir o som penetrante

dos violinos de Bernard Herrmann; qualquer um que tenha visto um desenho animado da série *Merrie Melody*, da Warner Bros., pensará num personagem subindo furtivamente uma escada toda vez que ouvir cordas de violino pinçadas numa escala maior ascendente. As associações são tão fortes — e as escalas tão claras — que bastam algumas poucas notas: as três primeiras notas de "China Girl", de David Bowie, ou do "Portão de Kiev" (de *Quadros de uma exposição*), de Mussorgsky, instantaneamente nos transportam para um denso e estranho (para nós) contexto musical.

Quase todas as variações de contexto e sonoridade decorrem de modos diferentes de dividir a oitava e, em praticamente todos os casos que conhecemos, dividi-la em não mais que 12 notas. Embora se afirme que a música indiana e a árabe-persa recorrem a "microtons" — escalas com intervalos muito menores que um semitom — uma análise mais detida revela que as escalas usadas por esses povos também se valem de 12 ou menos notas, sendo as outras simplesmente variações expressivas, glissandos (um deslizar contínuo de uma nota para outra) e outras notas passageiras, de maneira semelhante à tradição encontrada no blues americano de escorregar para uma nota no intuito de conotar emoção.

Em qualquer escala há uma hierarquia entre as notas; algumas são mais estáveis, ou têm maior importância estrutural ou até soam mais definitivas ou categóricas que outras, levando-nos a experimentar variadas intensidades de tensão e resolução. Na escala maior, a nota mais estável é o primeiro grau, também chamada de tônica. Em outras palavras, todas as notas parecem apontar em direção à tônica, mas o fazem em diferentes intensidades. A nota que aponta mais fortemente para a tônica é o sétimo grau da escala, o si numa escala de dó maior. A nota que mais debilmente aponta para a tônica é o quinto grau, o sol na escala de dó maior, e assim é porque nos parece relativamente estável; isso é simplesmente outra maneira de dizer que não nos sentimos desconfortáveis — sem conclusão — quando uma canção termina no quinto grau da escala. A teoria musical especifica essa hierarquia tonal. Carol Krumhansl e seus colegas realizaram uma série de estudos nos quais ouvintes comuns incorporaram a seus cérebros os princípios dessa hierarquia, por

meio do convívio passivo com normas musicais e culturais. Solicitando aos entrevistados que dissessem a qual medida diferentes notas pareciam se adequar, a pesquisadora resgatou em suas avaliações subjetivas essa hierarquia teórica.

Um acorde é simplesmente um grupo de três ou mais notas tocadas ao mesmo tempo. São em geral extraídas de uma das escalas habitualmente usadas e escolhidas de maneira a transmitir informações a respeito da escala da qual procedem. Um acorde costuma ser formado tocando-se juntas a primeira, a terceira e a quinta notas de uma escala. Como a sequência de tons inteiros e semitons é diferente nas escalas menores e maiores, os intervalos nos acordes também o são. Se formássemos um acorde começando em dó e usássemos as notas da escala de dó maior, elas seriam dó, mi e sol. Se recorrêssemos à escala de dó menor, as notas seriam dó, mi bemol e sol. Essa diferença no terceiro grau, entre mi e mi bemol, transpõe o próprio acorde de maior para menor. Mesmo sem formação musical, somos capazes de perceber a diferença entre os dois, ainda que não tenhamos a terminologia para designá-los: ouvimos o acorde maior como uma sonoridade alegre e o menor como algo triste, reflexivo ou mesmo exótico. As canções mais simples de rock e música *country* usam apenas acordes maiores: "Johnny B. Goode", "Blowin' in the Wind", "Honky Tonk Women" e "Mammas Don't Let Your Babies Grow Up to Be Cowboys" são alguns exemplos.

As tonalidades menores representam maior complexidade; em "Light My Fire", da banda The Doors, a letra é cantada em tom menor (*You know that it would be untrue...*) e o coro prossegue em maior (*Come on baby, light my fire*). Em "Jolene", Dolly Parton mistura tonalidades menores e maiores para obter um som melancólico. "Sheep", do Pink Floyd (no álbum *Animals*), utiliza apenas acordes menores.

Como as notas isoladas da escala, os acordes obedecem a uma hierarquia de estabilidade, dependendo do contexto. Certas progressões de acordes são parte constituinte de toda tradição musical; aos 5 anos a maioria das crianças já internalizou regras sobre quais progressões são características de sua cultura musical. Elas são capazes de detectar desvios das sequências-padrão com a mesma facilidade com que percebemos

quando uma frase é mal construída, como por exemplo: "A pizza estava quente demais para dormir." Para que o cérebro proceda dessa forma, as redes de neurônios precisam formar representações abstratas da estrutura musical e também regras musicais, o que fazem automaticamente, sem envolver nossa consciência. O cérebro apresenta um grau máximo de receptividade — quase como uma esponja — quando somos jovens, absorvendo vorazmente todo e qualquer som que esteja ao seu alcance e incorporando-o à própria estrutura de nosso sistema neural. À medida que envelhecemos, os circuitos neurais tornam-se de certa forma menos flexíveis, ficando mais difícil incorporar profundamente novos sistemas musicais ou sistemas linguísticos.

Nesse ponto, a questão das alturas fica um pouco mais complicada, e a culpa é da Física. Mas tal complicação dá origem ao rico espectro de sons que ouvimos nos diferentes instrumentos. Todos os objetos naturais do mundo têm vários modos de vibração. Na verdade, uma corda de piano vibra em várias velocidades diferentes ao mesmo tempo. O mesmo se aplica aos sinos que golpeamos com um martelo, aos tambores que tocamos com as mãos e às flautas nas quais sopramos: as moléculas de ar vibram em várias velocidades simultaneamente, não apenas em uma.

Uma analogia pode ser estabelecida com os vários tipos de movimento que se dão simultaneamente na Terra. Sabemos que o planeta gira sobre o próprio eixo num período de 24 horas, que percorre uma elipse ao redor do Sol em 365 dias, e que todo o sistema solar gira com a galáxia da Via Láctea. Outra analogia possível é com os muitos tipos de vibração que sentimos ao viajar num trem. Imagine-se sentado num trem parado em uma estação, com o motor desligado. Está ventando, e você sente que o vagão oscila muito ligeiramente. O movimento acontece com uma regularidade perceptível, o trem vai e vem mais ou menos duas vezes por segundo. Em seguida, o condutor liga o motor, e você sente outro tipo de vibração passando pelo assento (em decorrência das oscilações do motor: pistons e virabrequins trabalhando a certa velocidade). Quando o veículo começa a se mover, experimentamos uma terceira sensação, o pequeno solavanco das rodas cada vez que passam por uma junção dos

trilhos. Você sente então vários tipos de vibração, todas provavelmente em velocidades ou frequências diferentes. Com o trem em movimento, você certamente tem consciência da vibração. Mas é muito difícil, se não impossível, determinar quantas vibrações ocorrem e qual a sua velocidade. Recorrendo a instrumentos específicos de mensuração, todavia, seria possível ter uma ideia a respeito.

Ao ser gerado em um instrumento — inclusive nos de percussão, como tambores e sinos —, o som produz muitos modos de vibração simultâneos. Ao ouvir uma nota, estamos, na verdade, ouvindo muitas alturas ao mesmo tempo. A maioria de nós não tem consciência disso, embora seja possível treinar para percebê-lo. O som com menor velocidade de vibração — o de altura mais baixa — é chamado de frequência fundamental, ao passo que os outros são designados coletivamente como harmônicos.

Surpreendentemente, as frequências muitas vezes estão matematicamente relacionadas entre si da forma mais simples: como múltiplos inteiros. Assim, quando a frequência de vibração mais baixa de uma corda é de cem ciclos por segundo, as outras serão 2 × 100 (200 Hz), 3 × 100 (300 Hz) etc. Quando sopramos numa flauta e provocamos vibrações de 310 Hz, as outras vibrações ocorrerão em duas, três, quatro vezes essa velocidade: 620 Hz, 930 Hz, 1.240 Hz etc. Quando um instrumento gera energia em sequências que constituem múltiplos inteiros, dizemos que o som é harmônico e nos referimos ao padrão de energia nas diferentes frequências como série harmônica. Existem indicações de que o cérebro reage a sons harmônicos com descargas neurais sincrônicas: os neurônios do córtex auditivo que reagem a cada um dos componentes do som sincronizam a velocidade de suas descargas, gerando uma base neural para a coerência desses sons.

O cérebro está tão sintonizado com a série harmônica que quando nos deparamos com um som ao qual falta o fundamental, o cérebro o compensa para nós, num fenômeno chamado de *restauração do fundamental ausente*. Um som composto de energia a 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz, 400 Hz e 500 Hz é ouvido na altura de 100 Hz, sua frequência fundamental. Mas quando criamos artificialmente um som com energia a

200 Hz, 300 Hz, 400 Hz e 500 Hz (deixando de fora o fundamental), continuamos a ouvi-lo na altura de 100 Hz, pois nosso cérebro "sabe" que um som harmônico normal na altura de 200 Hz deve ter uma série harmônica de 200 Hz, 400 Hz, 600 Hz, 800 Hz etc. Também podemos enganar o cérebro tocando sequências que se desviem das séries harmônicas — assim, por exemplo: 100 Hz, 210 Hz, 302 Hz, 405 Hz etc. Em casos assim, a altura ouvida se desvia dos 100 Hz, numa acomodação entre o que é apresentado e o que seria induzido por uma série harmônica normal.

Quando eu estava na faculdade, meu orientador, Mike Posner, falou-me do trabalho de um estudante de biologia, Petr Janata. Embora não tivesse sido criado em São Francisco, como eu, Petr tinha uma cabeleira longa e espessa que trazia apanhada num rabo de cavalo, tocava jazz e rock no piano e usava roupas muito coloridas: uma verdadeira alma irmã. O que Petr fez foi ligar eletrodos ao colículo inferior de uma coruja, uma parte de seu sistema auditivo, e tocar uma versão de "Danúbio Azul", de Strauss, da qual havia sido removida a frequência fundamental. Petr partia da hipótese de que, com o restabelecimento da fundamental nas primeiras etapas do processo auditivo, os neurônios do colículo inferior da coruja deveriam disparar descargas na frequência da fundamental ausente. Foi precisamente o que constatou. A cada descarga os eletrodos emitiam um pequeno sinal elétrico e — considerando que a *velocidade* de descarga é a mesma que a *frequência* de descarga —, Petr enviou tais emissões para um pequeno amplificador, reproduzindo o som dos neurônios da coruja por um alto-falante. O que pôde ouvir então foi impressionante — a melodia "Danúbio azul" "cantada" com toda a clareza pelos alto-falantes: bá dá dá dá dá, di di, di di. Estávamos *ouvindo* as velocidades de descarga dos neurônios, que eram idênticas à frequência da fundamental ausente. A série harmônica tinha uma comprovação não só nas primeiras etapas do processo auditivo, mas também em uma espécie completamente diferente da humana.

Poderíamos imaginar uma espécie alienígena que não tivesse ouvidos ou a mesma experiência auditiva que nós, mas seria difícil imaginar uma espécie avançada sem capacidade de perceber a vibração dos obje-

tos. Onde existe atmosfera existem moléculas vibrando em reação ao movimento. E é de grande importância para a sobrevivência saber se algo está produzindo ruído ou se movimentando, em nossa direção ou para longe de nós, mesmo quando não podemos vê-lo (por estar escuro, por não estarmos olhando ou por estarmos dormindo).

Como a maioria dos objetos físicos faz com que as moléculas vibrem de vários modos ao mesmo tempo, e como no caso de muitíssimos objetos esses modos têm relações numéricas inteiras uns com os outros, a série harmônica é um fato que esperamos encontrar em qualquer lugar ou situação: na América do Norte, nas ilhas Fiji, em Marte e nos planetas da órbita de Antares. Qualquer organismo que tenha evoluído em um mundo com objetos vibrantes provavelmente terá desenvolvido — com o devido tempo de evolução — uma unidade cerebral de processamento que incorpore essas regularidades. Como a altura dos sons representa um elemento essencial para a identidade de um objeto, poderíamos esperar que houvesse mapas tonotópicos como os que encontramos no córtex auditivo humano, assim como descargas neurais sincrônicas no caso dos sons com relações de oitava e outras relações harmônicas entre eles; isso ajudaria o cérebro a se dar conta de que todas as notas provavelmente se originaram do mesmo objeto.

Os harmônicos costumam ser designados por números: o primeiro harmônico é a primeira frequência de vibração acima da fundamental, o segundo, a segunda frequência, e assim por diante. Como os físicos gostam de tornar o mundo confuso, existe na terminologia outro sistema chamado de harmônico, e acredito que foi concebido para enlouquecer os universitários. No dialeto dos harmônicos, o primeiro harmônico é a frequência fundamental, o segundo é igual à primeira frequência de vibração acima da fundamental, e assim por diante. Nem todos os instrumentos vibram em modos definidos tão claramente. Às vezes, como acontece no piano (por ser um instrumento de percussão), os harmônicos podem ser múltiplos próximos, mas não exatos, da frequência fundamental, o que contribui para determinar as características de seu som. Os instrumentos de percussão, os sinos e outros objetos — dependendo da composição e da forma — muitas vezes apresentam harmônicos que

claramente não são múltiplos inteiros da fundamental, os quais são chamados de parciais ou inarmônicos. De modo geral, os instrumentos com harmônicos inarmônicos carecem, na identificação das alturas, da clareza que associamos aos instrumentos harmônicos, e a origem cortical disso pode estar relacionada a uma ausência de descargas neurais sincrônicas. Mas, ainda assim, proporcionam a sensação de afinação das alturas, o que ouvimos com maior clareza quando executamos notas inarmônicas em sucessão. Embora provavelmente seja impossível cantarolar acompanhando o som de uma única nota executada num bloco de madeira ou num sino, é possível executar uma melodia identificável num conjunto de blocos de madeira ou sinos porque o nosso cérebro focaliza a atenção nas mudanças de um harmônico para outro. É basicamente isso o que acontece quando ouvimos alguém assobiar uma canção.

Uma flauta, um violino, um trompete e um piano podem executar a mesma nota — cada instrumento emitirá um tom de frequência fundamental idêntico, e ouviremos (ou tenderemos a ouvir) uma altura idêntica —, mas soam muito diferentes uns dos outros.

Essa diferença é o timbre, a mais importante e ecologicamente relevante característica dos fatos auditivos. O timbre de um som é a principal forma de distinção entre o rosnado de um leão e o ronronar de um gato, entre o estrondo de um trovão e o estouro das ondas do mar, entre a voz de um amigo e a de um cobrador que tentamos evitar. A distinção tímbrica é tão aguda nos seres humanos que a maioria de nós é capaz de reconhecer centenas de vozes diferentes. Podemos até dizer se uma pessoa muito próxima — nossa mãe, nosso cônjuge — está feliz ou triste, bem disposto ou ficando resfriado, com base no timbre dessa voz.

O timbre é uma consequência dos harmônicos. Diferentes materiais apresentam graus diversos de densidade. Uma peça de metal tenderá a afundar num lago; uma peça de madeira do mesmo tamanho e da mesma forma flutuará. Em consequência, até certo ponto, da densidade, mas também do tamanho e da forma, os objetos produzem barulhos específicos quando os percutimos com a mão ou batemos ligeiramente neles com um martelo. Imagine o som que ouvirá ao bater (de leve, por favor!) num violão com um martelo: será um som oco, um *plonk* típico da

madeira. Ou ao bater o mesmo martelo em uma peça de metal, como um saxofone: se ouvirá um *plink* bem fininho. Ao chocar-se com esses objetos, a energia do martelo faz com que suas moléculas vibrem em várias frequências diferentes, determinadas pelo material do qual esse objeto é feito, por seu tamanho e por sua forma. Se o objeto estiver vibrando, digamos, a 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz, 400 Hz etc., a intensidade de vibração não será necessariamente a mesma para cada um desses harmônicos — e, na verdade, não costuma ser.

Quando ouvimos um saxofone emitir um som com frequência fundamental de 220 Hz, estamos, na verdade, ouvindo muitos sons, não apenas um. Os outros sons que ouvimos são múltiplos inteiros da fundamental: 440, 660, 880, 1.200, 1.420, 1.640 etc. Esses sons — os harmônicos — apresentam intensidades diversas, de modo que os ouvimos como se tivessem volumes diferentes. O padrão de volume específico desses sons é característico do saxofone, estando na origem de seu colorido tonal único, de sua sonoridade própria — de seu timbre. Um violino tocando a mesma nota (220 Hz) terá harmônicos nas mesmas frequências, mas o padrão de intensidade de uns em relação aos outros será diferente. Na verdade, para cada instrumento existe um padrão único de harmônicos; o segundo harmônico pode ser mais alto que em outros, ao passo que o quinto pode ser mais suave. Praticamente todas as variações sonoras — a qualidade que faz do trompete um trompete e do piano um piano — decorrem da maneira única como a intensidade dos harmônicos é distribuída.

Cada instrumento tem seu perfil harmônico, mais ou menos como uma impressão digital. É um padrão complicado que podemos usar para identificar os instrumentos. As clarinetas, por exemplo, apresentam quantidades relativamente altas de energia nos harmônicos ímpares: três vezes, cinco vezes e sete vezes os múltiplos da frequência fundamental etc. (Isso é uma consequência do fato de esse instrumento ser um tubo fechado numa extremidade e aberto na outra.) Os trompetes apresentam quantidades relativamente equivalentes de energia nos harmônicos pares e ímpares (como a clarineta, o trompete também é fechado numa extremidade e aberto na outra, mas o bocal e o pavilhão são concebidos de maneira a aplainar a série harmônica). Atacado com o arco em seu cen-

tro, o violino liberará sobretudo harmônicos ímpares, podendo, assim, emitir sonoridades semelhantes à da clarineta. Quando se ataca com o arco um terço abaixo no instrumento, contudo, são enfatizados o terceiro harmônico e seus múltiplos: o sexto, o nono, o décimo segundo etc.

Os trompetes têm suas impressões digitais tímbricas, facilmente distinguíveis das de um violino, de um piano ou mesmo da voz humana. Para um ouvido treinado, existem até mesmo diferenças entre os trompetes: nem todos soam iguais, como tampouco soam iguais todos os pianos ou acordeões. (Bom, para mim, todos os acordeões soam iguais, e o som mais agradável e doce que posso imaginá-los produzindo é aquele que fariam ardendo numa grande fogueira.) O que distingue um piano de outro é o fato de seus perfis harmônicos diferirem ligeiramente, mas não, é claro, tanto quanto diferirá do perfil de um cravo, de um órgão ou de uma tuba. Os grandes músicos são capazes de ouvir a diferença entre um violino Stradivarius e um Guarneri depois de executadas apenas uma ou duas notas. Eu sou capaz de perceber com a maior clareza a diferença entre a minha guitarra acústica Martin 000-18 de 1956, a minha Martin D-18 de 1973 e a minha Collings D2H de 1996. Elas soam como instrumentos diferentes; embora sejam todas guitarras acústicas, eu jamais as confundiria. Timbre é isso.

Os instrumentos naturais — vale dizer, os acústicos feitos de materiais naturais, como metais e madeiras — tendem a produzir energia em várias frequências ao mesmo tempo, em virtude da maneira como a estrutura interna de suas moléculas vibra. Suponhamos que eu invente um instrumento que, ao contrário dos instrumentos naturais conhecidos, produza energia em apenas uma frequência. Podemos dar a esse instrumento hipotético o nome de gerador (pelo fato de ser capaz de gerar sonoridades de frequências específicas). Se eu alinhasse uma série de geradores, poderia programar cada um deles para tocar numa frequência específica, que correspondesse à série harmônica de determinado instrumento executando determinada nota. Faria de modo que esse conjunto de geradores produzisse sons de 110, 220, 330, 440, 550 e 660 Hz, o que daria ao ouvinte a impressão de uma nota de 110 Hz tocada por um instrumento musical. Além disso, poderia controlar a amplitude de cada

um dos geradores e fazer com que cada nota fosse tocada em um volume específico, que correspondesse ao perfil harmônico de um instrumento musical natural. Com isso, o conjunto de geradores se aproximaria do som de uma clarineta, de uma flauta ou de qualquer outro instrumento que eu tentasse imitar.

Uma síntese aditiva como a verificada no procedimento anterior permite obter uma versão sintética do timbre de um instrumento pela soma de componentes sonoros básicos. Muitos órgãos, como os que encontramos nas igrejas, apresentam uma característica que lhe permitirá fazer experiências nesse sentido. Na maioria dos órgãos de tubo, os sons são produzidos pressionando-se uma tecla (ou um pedal) que libera uma lufada de ar através de um tubo de metal. O órgão é formado por centenas de tubos de diferentes tamanhos, cada um dos quais produz, com a passagem do ar, uma altura diferente; são como flautas mecânicas nas quais o ar é produzido por um motor elétrico, em vez de pelo sopro de uma pessoa. Os sons que costumamos associar a um órgão de igreja — seu timbre específico — decorrem do fato de haver energia sendo produzida em várias frequências ao mesmo tempo, exatamente como acontece com outros instrumentos. Cada tubo do órgão gera uma série harmônica, e quando pressionamos uma de suas teclas, uma coluna de ar é descarregada em mais de um tubo ao mesmo tempo, produzindo um rico espectro de sons. Os tubos suplementares, somando-se àquele que vibra na frequência fundamental da nota, emitem outras que são múltiplos inteiros da frequência fundamental ou estão ligados a ela muito de perto, em termos matemáticos e harmônicos.

O organista controla por quais dos tubos suplementares deseja liberar o ar, puxando ou empurrando alavancas que direcionam seu fluxo. Sabendo que as clarinetas liberam muita energia nos harmônicos ímpares, um organista inteligente pode simular o som de uma clarineta ao manipular as alavancas. Uma lufada de 200 Hz aqui, outra de 330 Hz ali, uma pitada de 440 Hz mais adiante, um bocado de 550 Hz para rematar, e *voilà*!: temos a receita de uma razoável imitação de um instrumento.

A partir do final da década de 1950, os cientistas começaram a fazer experiências com a reunião das possibilidades de síntese em dispositivos

eletrônicos menores e mais compactos, criando uma família de instrumentos musicais conhecidos coletivamente como sintetizadores. Na década seguinte, era possível ouvi-los em discos dos Beatles ("Here Comes the Sun" e "Maxwell's Silver Hammer") e de Walter/Wendy Carlos ("Switched-on Bach"), que foram seguidos por grupos que esculpiam seu som em torno do sintetizador, como o Pink Floyd e o Emerson, Lake & Palmer.

Muitos dos sintetizadores usavam o processo descrito anteriormente, e outros, fabricados mais tarde, utilizariam algoritmos mais complexos, como a síntese de guias de onda (inventada por Julius Smith em Stanford) e a síntese de FM (inventada por John Chowning em Stanford). Mas a pura e simples cópia do perfil harmônico, embora possa gerar um som reminiscente do instrumento real, produz uma cópia bastante pálida. O timbre não é apenas um resultado da série harmônica. Os pesquisadores ainda não chegaram a uma conclusão quanto ao que pode haver além dela, mas de modo geral considera-se que, além do perfil harmônico, o timbre é definido por dois outros atributos que dão origem a uma diferença relacionada à percepção de um instrumento para outro: o ataque e o fluxo.

A Universidade de Stanford fica numa região bucólica ao sul de São Francisco e a leste do Oceano Pacífico. Colinas verdejantes cobertas de pastos encontram-se a oeste, e o fértil Vale Central da Califórnia fica a apenas uma hora a leste, onde se encontra grande parte da produção mundial de passas, algodão, laranja e amêndoas. Ao sul, perto da cidade de Gilroy, estendem-se vastas plantações de alho. Também para o sul encontraremos Castroville, conhecida como a "capital mundial da alcachofra". (Certa vez sugeri à Câmara de Comércio de Castroville que mudasse *capital* para *coração*. A reação não foi entusiástica.)

Stanford tornou-se uma espécie de segunda casa dos cientistas e engenheiros de computação que gostam de música. John Chowning, que já era bem conhecido como compositor de vanguarda, é professor do departamento de música dessa universidade desde a década de 1970, tendo participado do grupo de compositores pioneiros que na época utilizavam o computador para criar, armazenar e reproduzir sons em suas canções. Chowning viria a fundar e dirigir o Centro de Pesquisa em Computação, Música e Acústica de Stanford, conhecido como CCRMA — sigla do nome original em inglês. Chowning é um sujeito caloroso e

amigável. Quando eu estudava em Stanford, ele botava a mão no meu ombro e perguntava em que eu estava trabalhando. Tinha-se a sensação de que conversar com um aluno era para ele uma oportunidade de aprender alguma coisa. No início da década de 1970, quando fazia experiências com computador e ondas sinoidais — os sons artificiais que, produzidos pelos computadores, são usados como ponto de partida da síntese aditiva —, Chowning observou que a alteração da frequência dessas ondas, à medida que eram produzidas, gerava sons musicais. Controlando esses parâmetros, conseguiu simular os sons de vários instrumentos musicais. A nova técnica ficou conhecida como síntese de modulação de frequência, ou síntese de FM, sendo integrada inicialmente aos sintetizadores Yamaha DX9 e DX7, que revolucionaram a indústria musical a partir de 1983. A síntese de FM democratizou a síntese musical. Antes dela, os sintetizadores eram caros, pesados e difíceis de controlar. A criação de novos sons levava muito tempo e exigia experimentação e conhecimento técnico. Com a FM, contudo, qualquer músico podia obter um som instrumental convincente com o simples toque de um botão. Os compositores que não tinham condições de contratar uma seção de trompas ou uma orquestra agora podiam improvisar com esses sons e texturas. Os compositores e orquestradores testavam os arranjos antes de mobilizar a orquestra inteira, com o intuito de ver o que funcionava ou não. Bandas de New Wave como Cars e Pretenders, além de artistas conhecidos como Stevie Wonder, Hall and Oates e Phil Collins, começaram a utilizar amplamente a síntese de FM em suas gravações. Boa parte daquilo que hoje chamamos de "som dos anos oitenta" deve suas características às sonoridades específicas da síntese de FM.

Com a popularização dessa tecnologia, as rendas provenientes dos direitos autorais permitiram a Chowning incrementar o CCRMA, atraindo mais alunos e excelentes professores. Duas das muitas celebridades no terreno da música eletrônica e da psicologia musical que se aproximaram do CCRMA foram John R. Pierce e Max Mathews. Pierce fora vice-presidente de pesquisa dos Laboratórios Bell Telephone em Nova Jersey e supervisionara a equipe de engenharia que construiu e patenteou o transistor — e foi ele que batizou a invenção, jogando com as palavras *trans*fer (de transferência) e res*istor*. Em sua brilhante carreira, Pierce inventou tam-

bém o tubo a vácuo de onda viajante e participou do lançamento do primeiro satélite de telecomunicações, o Telstar. Sob o pseudônimo J. J. Coupling, também era um festejado autor de ficção científica. Pierce foi responsável pela criação de um ambiente raro em qualquer indústria ou laboratório de pesquisas, que permitia aos cientistas dar o melhor de si e que valorizava a criatividade. Na época, a Bell Telephone Company/AT&T exercia total monopólio sobre os serviços telefônicos nos Estados Unidos, desfrutando de amplas reservas financeiras. Seu laboratório era um verdadeiro parque de diversões para os mais brilhantes inventores, engenheiros e cientistas da América. No "playground" do Bell Labs, como era conhecido, Pierce deixava que seus colaboradores se mostrassem criativos sem se preocupar com resultados financeiros ou com a aplicabilidade de suas ideias ao comércio. Ele sabia que a verdadeira criatividade só existe de fato quando não há autocensura e as ideias fluem livremente. Embora apenas uma pequena proporção de tais ideias se mostre prática, e uma proporção ainda menor se transforme efetivamente em produtos, aquelas que o fazem se revelavam inovadoras, únicas e potencialmente muito lucrativas. Foi nesse ambiente que surgiram inovações como os raios laser, os computadores digitais e o sistema operacional Unix.

Conheci Pierce em 1990, quando ele já tinha 80 anos e dava conferências sobre psicoacústica no CCRMA. Vários anos depois, tendo concluído meu Ph.D. e retornado a Stanford, ficamos amigos e nos encontrávamos todas as quartas-feiras para jantar e conversar sobre temas de pesquisa. Certa vez, ele me pediu que lhe explicasse a música rock and roll, que não entendia e na qual nunca havia prestado atenção. Pierce tinha conhecimento de minha carreira anterior na indústria musical e me perguntou se eu poderia tocar seis canções que capturassem tudo o que era importante saber sobre o rock and roll. Seis canções para entender o rock and roll? Eu não sabia nem se seria capaz de reunir seis canções para capturar toda a música dos Beatles, muito menos todo o rock and roll. Na véspera, ele me telefonou para dizer que ouvira Elvis Presley, portanto eu não precisava incluí-lo.

Eis o que levei para o jantar:

1) "Long Tall Sally", Little Richard
2) "Roll Over Beethoven", Beatles
3) "All Along the Watchover", Jimi Hendrix
4) "Wonderful Tonight", Eric Clapton
5) "Little Red Corvette", Prince
6) "Anarchy in the U.K.", Sex Pistols

Algumas das escolhas associavam grandes autores de canções com diferentes intérpretes. Todas são grandes canções, mas continuo achando que alguns acertos teriam de ser feitos. Enquanto ouvia, Pierce perguntava quem eram aquelas pessoas, quais instrumentos estava ouvindo e como soavam daquela maneira. De modo geral, disse gostar dos timbres da música. As canções propriamente ditas e os ritmos não o interessaram tanto, mas ele achou os timbres extraordinários — diferentes, inovadores e emocionantes. O fluido romantismo do solo de guitarra de Clapton em "Wonderful Tonight", associado à percussão branda e macia. A força impressionante e a densidade da verdadeira muralha de guitarras, baixos e percussão do Sex Pistols. O som distorcido de uma guitarra elétrica não era a única novidade para Pierce. A maneira pela qual os instrumentos eram combinados para criar um todo coeso — baixos, percussão, guitarras elétricas e acústicas e voz — era algo que ele realmente nunca ouvira antes. Para Pierce, o que definia o rock era o timbre. O que foi uma revelação para nós dois.

As alturas que usamos na música — as escalas — praticamente não mudaram desde a época dos gregos, com exceção do desenvolvimento — na verdade um refinamento — da escala temperada na época de Bach. O rock and roll pode ser o derradeiro passo numa milenar revolução musical que conferiu proeminência às quartas e quintas, numa música que historicamente era enquadrada exclusivamente na oitava. Nesse período, a música ocidental foi em grande medida dominada pela altura. Nos últimos duzentos anos, aproximadamente, o timbre vem adquirindo importância cada vez maior. Um componente habitual da música em todos os gêneros é a reiteração de uma melodia usando instrumentos diferentes: da "Quinta" de Beethoven ao "Bolero" de Ravel, passando por "Michelle", dos Beatles, e "All My Ex's Live in Texas", de George Strait.

Novos instrumentos foram inventados para que os compositores dispusessem de uma paleta mais variada de timbres. Quando um cantor popular ou country para de cantar e um instrumento se apodera da melodia — mesmo sem mudá-la minimamente —, sentimos prazer com a repetição em um timbre diferente.

Na década de 1950, o compositor de vanguarda Pierre Schaeffer (pronuncia-se Che-*ferr*, com a melhor imitação possível do sotaque francês) realizou suas famosas experiências "sino cortado", que demonstraram um importante atributo do timbre. Schaeffer gravou em fita alguns instrumentos orquestrais. Em seguida, usando uma lâmina de barbear, extirpou o início desses sons. Essa parte inicial do som de um instrumento musical é chamada de ataque; é o som do primeiro gesto de golpear, tanger, soprar ou encostar o arco, fazendo com que um instrumento produza som.

O gesto que fazemos para produzir som em certo instrumento tem uma influência considerável na qualidade desse som. Mas em grande medida esse resultado se esvai em questão de segundos. Quase todos os gestos que fazemos para produzir um som são impulsivos, saindo num rompante. Nos instrumentos de percussão, em geral o músico não permanece em contato com o instrumento depois desse movimento inicial. Nos instrumentos de sopro e de cordas, em compensação, ele mantém o contato depois do gesto impulsivo inicial — aquele momento em que o ar sai pela boca ou o arco entra em contato com a corda —; a continuação do gesto de soprar e do toque do arco resulta numa qualidade sonora suave, contínua e menos impulsiva.

A introdução de energia num instrumento — a fase do ataque — geralmente cria muitas frequências diferentes, que não se relacionam por meio de simples múltiplos inteiros. Em outras palavras, naquele breve momento em que golpeamos, sopramos, tangemos ou fazemos qualquer outro gesto para que um instrumento comece a produzir som, o impacto propriamente dito tem uma qualidade ruidosa que não é especialmente musical — mais próxima do som de um martelo golpeando uma tora de madeira, por exemplo, do que de um martelo tocando um sino ou uma corda de piano, ou do vento passando por um tubo. Ao ataque segue-se uma fase mais estável, na qual a nota se enquadra no padrão das frequências harmônicas, passando a

ressoar o metal ou a madeira (ou qualquer outro material) de que é feito o instrumento. Essa parte intermediária de uma nota costuma ser chamada de estado estável: na maioria dos casos, o perfil harmônico é relativamente estável enquanto o som emana do instrumento.

Depois de cortar o ataque nas gravações de instrumentos orquestrais, Schaeffer tocou novamente a fita e verificou que era quase impossível para a maioria das pessoas identificar o instrumento que estava sendo tocado. Sem o ataque, o piano e o sino não se pareciam com um piano e um sino, mas se mostravam incrivelmente semelhantes um ao outro. Juntando-se o ataque de um instrumento ao estado estacionário — ou corpo principal — de outro, obtemos resultados variados: em certos casos, ouvimos um instrumento híbrido e ambíguo que soa mais como o que forneceu o ataque do que como aquele do qual foi aproveitado na gravação o estado estacionário. Michelle Castellengo e outros descobriram que desse modo é possível criar instrumentos completamente novos; por exemplo, juntar o som do arco do violino com o de uma flauta produz uma sonoridade que se assemelha fortemente à de um realejo. Essas experiências demonstraram a importância do ataque.

A terceira dimensão do timbre — o fluxo — diz respeito à maneira como o som muda depois de ter sido emitido. O prato ou gongo é um instrumento de grande fluxo — seu som muda drasticamente enquanto se propaga —, ao passo que um trompete tem menos fluxo: sua sonoridade mostra-se mais estável enquanto dura. Além disso, os instrumentos não têm a mesma sonoridade em toda a tessitura. Ou seja, o timbre de um instrumento soa diferente conforme estejam sendo tocadas notas agudas ou graves. Quando Sting se aproxima do alto de sua extensão vocal em "Roxanne" (The Police), sua voz forçada e meio esganiçada transmite uma emoção que não sentimos nas partes mais graves de seu registro, como no verso inicial de "Every Breath You Take", que tem uma sonoridade mais pausada e anelante. O registro agudo de Sting nos transmite uma impressão de urgência, como a tensão de suas cordas vocais, enquanto o registro grave dá a ideia de um sofrimento que se arrasta há muito tempo, mas que ainda não chegou ao ponto de ruptura.

O timbre não se define apenas pela diferença dos sons produzidos pelos instrumentos. Os compositores o utilizam como ferramenta, escolhendo

os instrumentos musicais — e suas diferentes combinações — para expressar determinadas emoções e criar determinado clima. Temos, por exemplo, o timbre quase cômico do fagote no início da "Dança chinesa" da suíte *Quebra-Nozes*, de Tchaikovsky, e a sensualidade do saxofone de Stan Getz em "Here's That Rainy Day". Se substituíssemos as guitarras elétricas por um piano em "Satisfaction", dos Rolling Stones, teríamos um resultado completamente diferente. Ravel valeu-se do timbre como ferramenta para a composição do "Bolero", repetindo o tema principal incansavelmente em diferentes timbres; essa decisão foi tomada depois que ele sofreu danos cerebrais que comprometeram sua capacidade de ouvir as alturas. Quando pensamos em Jimi Hendrix, provavelmente é do timbre de suas guitarras elétricas e de sua voz que lembremos com mais vividez.

Compositores como Scriabin e Ravel referem-se a suas obras como pinturas sonoras, nas quais as notas e melodias seriam o equivalente dos contornos e das formas, correspondendo o timbre ao uso das cores e matizes, pela separação das diferentes formas melódicas. Vários compositores de canções populares — Stevie Wonder, Paul Simon e Lindsey Buckingham — também se referiram a suas composições como pinturas sonoras. Mas um dos elementos que tornam a música diferente da pintura é o fato de ela ser dinâmica, mudando ao longo do tempo, em detrimento do ritmo e da métrica. Estes constituem a máquina que propulsiona praticamente toda música, e é provável que tenham sido os primeiros elementos usados por nossos antepassados em suas protomúsicas, uma tradição que ainda hoje podemos ouvir nos atabaques tribais e nos rituais de diferentes culturas pré-industriais. Embora eu considere que atualmente o timbre está no centro de nossa apreciação da música, o ritmo exerceu poder supremo sobre os ouvintes por muito mais tempo.

CAPÍTULO 2 Marcar o ritmo com os pés

COMO DISTINGUIR RITMO, INTENSIDADE E HARMONIA

Em 1977, em Berkeley, assisti a uma apresentação de Sonny Rollins, um dos saxofonistas mais melódicos de nossa época. Ainda hoje, quase trinta anos depois, embora não me lembre de nenhuma das notas que tocou, tenho uma clara lembrança de alguns dos ritmos. A certa altura, Rollins improvisou durante três minutos e meio, repetindo a mesma nota muitas e muitas vezes em diferentes ritmos, com sutis mudanças de tempo. Quanta força em uma única nota! Não foi a inovação melódica que colocou a plateia de pé: foi o ritmo. Praticamente toda cultura e civilização encara o movimento como parte integrante do ato de fazer ou ouvir música. Ritmo é aquilo que nos faz dançar, movimentar o corpo, bater com os pés. Em muitas apresentações de jazz, a parte que mais mobiliza o público é o solo de percussão. Não é mera coincidência que o ato de fazer música exija o envolvimento coordenado e rítmico do corpo, assim como a transmissão de energia dos movimentos corporais para um instrumento musical. No nível neural, tocar um instrumento exige a orquestração de regiões do nosso cérebro reptiliano primitivo — o cerebelo e o tronco cerebral —, bem como de sistemas cognitivos mais avançados, como o córtex motor (no lobo parietal) e as regiões ligadas ao planejamento em nossos lobos frontais, a parte mais avançada do cérebro.

O ritmo, a métrica e o andamento são conceitos correlatos frequentemente confundidos. Para resumir, a ideia de *ritmo* diz respeito à duração das notas; a de *andamento*, à velocidade de uma peça musical

(a rapidez com que você bateria os pés no chão para acompanhá-la); e a de *métrica*, à maneira como batemos com o pé, de leve ou com força, e como esses dois movimentos se unem para formar unidades maiores.

Algo que geralmente queremos saber ao fazer música é por quanto tempo uma nota será tocada. A relação entre a duração das notas é o que chamamos de ritmo, parte crucial daquilo que transforma som em música. Entre os ritmos mais famosos de nossa cultura está aquele que às vezes usamos para dar uma batida "secreta" na porta de alguém. Uma gravação feita em 1899 por Charles Hale, "At a Darktown Cakewalk", é a primeira utilização documentada desse ritmo. Em 1914, ele ganharia letra numa canção de Jimmie Monaco e Joe McCarthy intitulada "Bum-Diddle-De-Um-Bum, That's It!" Em 1939, a mesma frase musical foi usada na canção "Shave and a Haircut — Shampoo", de Dan Shapiro, Lester Lee e Milton Berle. Até Leonard Bernstein entrou na dança, valendo-se desse ritmo na canção "Gee, Officer Krupke", de seu musical *West Side Story*. Nesse ritmo, ouvimos uma série de notas de duas durações diferentes, longa e curta; as notas longas têm o dobro da duração das curtas: longa-curta-curta-longa-longa (pausa) longa-longa.

Na abertura da ópera *Guilherme Tell*, de Rossini, também ouvimos uma série de notas de duas durações diferentes, longa e curta; também aqui, as notas longas têm o dobro da duração das curtas: da-da-bump da-da-bump da-da-bump bump bump (emprego aqui a sílaba "da" para designar a nota curta e a sílaba "bump" para a longa). A canção infantil americana "Mary Had a Little Lamb" também usa sílabas curtas e longas: neste caso, seis notas de duração igual (Ma-ry had a Lit-tle) seguidas por uma longa (lamb) de aproximadamente duas vezes a duração das curtas. O coeficiente rítmico de 2:1, tal como a oitava em coeficientes de altura, aparentemente tem valor musical universal. Nele encontramos o tema de *The Mickey Mouse Club* (bump-ba bump-ba bump-ba bump-ba bump-ba bump-ba baaaaah), no qual há três níveis de duração, cada um com o dobro da duração do outro. É o que vemos em "Every Breath You Take", do grupo The Police (da-da-bump da-da-baaaaah):

Ev-ry breath you-oo taaake
1 1 2 2 4

(O 1 representa uma unidade de tempo arbitrária, só para ilustrar que as palavras *breath* e *you* têm o dobro da duração das sílabas *Ev* e *ry*, e que a palavra *take* é quatro vezes mais longa que *Ev* ou *ry* e duas vezes mais longa que *breath* ou *you*.)

Na maioria das músicas que ouvimos, raramente os ritmos são assim tão simples. Tal como uma determinada disposição de alturas — a escala — é capaz de evocar músicas de uma cultura diferente, de outros estilos ou linguagens, o mesmo acontece com certas disposições de ritmos. Embora a maioria dos anglo-saxões não seja capaz de reproduzir um ritmo latino complexo, imediatamente o reconhecemos como latino ao ouvi-lo, e não como chinês, árabe, indiano ou russo. Quando organizamos os ritmos em séries de notas, de durações e de acentuações variadas, estamos desenvolvendo a métrica e estabelecendo o andamento.

Andamento é o conceito que se refere à velocidade de uma peça musical — a rapidez ou lentidão com que se desenrola. Se uma canção é uma entidade viva, podemos pensar no andamento como o seu passo — ou seu pulso —, a velocidade com que bate o seu coração. A palavra *batida* ou *acento* indica a unidade básica de medida de uma peça musical, que também é chamada de *tactus*. Quase sempre é o ponto em que naturalmente batemos com os pés, com as mãos ou estalamos os dedos. Às vezes, esses movimentos são na metade ou no dobro da pulsação, em virtude das diferenças nos mecanismos de processamento neural de uma pessoa para outra, bem como das diferenças de formação e experiência musical e de interpretação de uma peça. Até músicos treinados podem discordar quanto à velocidade das batidas. Mas sempre estão de acordo a respeito da velocidade básica na qual a peça é tocada, também chamada de andamento; as discordâncias dizem respeito simplesmente às subdivisões ou superdivisões desse andamento básico.

"Straight Up", de Paula Abdul, e "Back in Black", do AC/DC, têm um andamento de 96, o que significa que há 96 batidas por minuto. Dançando ao som de uma dessas canções, é provável que você bata o pé 96

vezes por minuto, ou talvez 48 vezes, mas nunca 58 ou 69. Em "Back in Black", podemos ouvir o percussionista marcar uma batida em seus pratos high-hat bem no início, com deliberada constância, precisamente 96 vezes por minuto. "Walk This Way", do Aerosmith, tem um andamento de 112, "Billie Jean", de Michael Jackson, um andamento de 116, e "Hotel California", dos Eagles, um andamento de 75.

Duas canções podem ter o mesmo andamento e causar uma impressão muito diferente. Em "Back in Black", o baterista toca os pratos duas vezes a cada batida (colcheias) e o contrabaixista toca um ritmo simples e sincopado exatamente no compasso da guitarra. Em "Straight Up", tanta coisa acontece que é difícil descrever com palavras. O baterista toca uma batida irregular e complexa, com pulsações que chegam à rapidez das semicolcheias, mas não de maneira contínua — o "ar" entre as batidas da bateria gera um som típico da música funk e hip-hop. O contrabaixo toca uma linha melódica igualmente complexa e sincopada que às vezes coincide com a parte da bateria e às vezes preenche seus vazios. No alto-falante da direita, ouvimos o único instrumento que efetivamente toca no compasso todas as batidas — um instrumento latino chamado *afuche* ou *cabasa*, que produz uma sonoridade semelhante à de uma lixa ou de contas sacudidas dentro de uma cabaça. Calcar o ritmo mais importante num instrumento leve e agudo é uma técnica inovadora que inverte as convenções rítmicas. Enquanto tudo isso acontece, sintetizadores, efeitos percussivos especiais e uma guitarra passam de maneira dramática pela canção, enfatizando certas batidas, para aumentar a empolgação. Como é difícil prever ou memorizar onde se dão muitos desses efeitos, a canção guarda seu encanto sempre que é ouvida.

O andamento é um elemento primordial da emoção musical. As canções de andamento rápido tendem a ser consideradas felizes, e as canções de andamento lento, tristes. Embora essa explicação seja muito simplificada, não deixa de se aplicar a uma enorme variedade de circunstâncias, em muitas culturas e ao longo da vida de uma pessoa. De maneira geral, as pessoas aparentam ter uma memória extraordinária em matéria de andamento. Numa experiência que publiquei em 1996 com Perry Cook, os entrevistados eram convidados a cantar suas canções favoritas

de memória, e nossa preocupação era verificar o quanto se aproximavam do andamento das canções. Como referência, procuramos descobrir qual a variação de andamento que uma pessoa era capaz de perceber; o resultado foi 4%. Em outras palavras, no caso de uma canção com andamento de 104 batidas por minuto (bpm), se o andamento varia entre 96 e 10, a maioria das pessoas — e mesmo alguns músicos profissionais — não se dá conta da pequena alteração (embora a maioria dos percussionistas percebesse: sua especialidade requer que sejam mais sensíveis ao andamento que os outros músicos, pois são responsáveis por sua manutenção na ausência de um regente). A maioria das pessoas de nosso estúdio — não músicos — foi capaz de cantar canções dentro da variação de quatro por cento do andamento nominal.

A explicação neural dessa impressionante exatidão encontra-se provavelmente no cerebelo, que, se acredita, contém um sistema de cronômetros para nossa vida cotidiana e para sincronizar as músicas que ouvimos, o que significa que de alguma forma o cerebelo é capaz de se lembrar das "regulagens" que usa para se sincronizar com a música quando a ouvimos — e se recorda dessas regulagens quando queremos lembrar de uma canção. Permite-nos, assim, sincronizar nosso canto com uma lembrança da última vez em que cantamos. Os gânglios basais — chamados por Gerald Edelman de "órgãos da sucessão" — com quase toda certeza também estão envolvidos na geração e na modelagem do ritmo, do andamento e da métrica.

A *métrica* diz respeito à maneira como os pulsos ou batidas — ou tempos — são agrupados. Em geral, quando acompanhamos a música com os pés ou mãos sentimos alguns acentos mais fortemente que outros. É como se os músicos tocassem essas batidas mais alto e com mais força. Do ponto de vista da percepção, essa batida mais alta ou mais pesada domina, e as que se seguem parecem mais fracas, até que venha alguma mais forte. Todo sistema musical que conhecemos tem padrões de batidas ou tempos fortes e fracos. O padrão mais comum na música ocidental é de batidas fortes a cada grupo de quatro: FORTE-fraco-fraco-fraco FORTE-fraco-fraco-fraco. Geralmente, a terceira batida num padrão de quatro é de certa forma mais forte que a segunda e a quarta:

existe uma hierarquia na força das batidas, sendo a primeira a mais forte, vindo depois a teceira, seguida da segunda e da quarta. Com menos frequência, a batida forte ocorre de três em três, no compasso conhecido como de "valsa": FORTE-fraco-fraco FORTE-fraco-fraco. Também se costuma contar essas batidas de uma forma que enfatiza qual é a mais forte: UM-dois-três-quatro UM-dois-três-quatro ou UM-dois-três UM-dois-três.

Naturalmente, a música seria tediosa se houvesse apenas essas batidas certinhas. Podemos deixar alguma batida de fora, para aumentar a tensão. Vejamos, por exemplo, o caso de "Brilha, brilha, estrelinha", composta por Mozart quando tinha 6 anos. As notas não são tocadas a cada batida ou tempo:

UM-dois-três-quatro
UM-dois-três-(pausa)
UM-dois-três-quatro
UM-dois-três-(pausa):

BRI-lha, bri-lha
ESTRE-linha (pausa)
QUE-RO ver.
VOCÊ brilhar (pausa).

Uma canção de ninar escrita para a mesma melodia, "Ba Ba Black Sheep", subdivide o tempo. Um simples UM-dois-três-quatro pode ser dividido em partes menores e mais interessantes:

BA ba black sheep
HAVE-you-any-wool?

Note-se que cada sílaba em "*have-you-any*" é cantada duas vezes mais rápido que as sílabas "*ba ba black*". As semínimas foram divididas pela metade, e podemos contá-las assim:

UM-dois-três-quatro
UM-e-dois-e-três-(pausa)

Em "Jailhouse Rock", cantada por Elvis Presley e composta por dois grandes compositores da era do rock, Jerry Leiber e Mike Stoller, o tempo forte ocorre na primeira nota cantada por Presley, e depois a cada quarta nota a partir daí:

[Verso 1:] *WAR-den threw a party at the*
[Verso 2:] *COUN-ty jail (pausa) the*
[Verso 3:] *PRIS-on band was there and they be-*
[Verso 4:] *GAN to wail*

Em músicas com letra, as palavras nem sempre se alinham exatamente com o início do compasso; em "Jailhouse Rock", a palavra *began* começa antes de uma batida forte e acaba nela. Na maioria das canções de ninar e nas canções folclóricas mais simples, como "Ba Ba Black Sheep" e "Frère Jacques", isso não acontece. Essa técnica de combinação da letra com a música funciona particularmente bem em "Jailhouse Rock" porque na fala o acento é na segunda sílaba de *began*; esse tipo de divisão da palavra entre os versos confere maior força à canção.

Na música ocidental, por convenção temos nomes para as durações das notas, mais ou menos da mesma maneira como designamos os intervalos musicais. O intervalo de uma "quinta justa" é um conceito relativo: pode começar em qualquer nota, e então, por definição, as notas que estão sete semitons acima ou abaixo da altura são consideradas a uma quinta justa de distância da nota inicial. A duração padrão é chamada de semibreve e dura quatro tempos, independentemente da lentidão ou rapidez da música — ou seja, independentemente do andamento. (Em um andamento de 60 batidas por minuto — como na "Marcha fúnebre" —, cada tempo dura um segundo, de modo que uma semibreve duraria quatro segundos.) Uma nota com a metade da duração de uma semibreve chama-se de mínima, e uma nota que equivalha à sua metade é chamada de semínima. O pulso básico que predomina na música popular e nas

tradições folclóricas é a semínima — as quatro batidas às quais me referia anteriormente. Sobre essas canções, dizemos que são cantadas no compasso 4/4: o numerador indica que a canção é organizada em grupos de quatro notas, e o denominador, que a duração da nota básica é uma semínima. Na notação e na conversação, referimo-nos a cada um desses grupos de quatro notas como um compasso. Isso não quer dizer que a única duração no compasso seja a semínima. Podemos ter notas de qualquer duração ou pausas — vale dizer, sem nota alguma; a indicação 4/4 destina-se apenas a descrever como contamos as batidas.

"Ba Ba Black Sheep" tem quatro semínimas no primeiro compasso, seguidas de colcheias (metade da duração de uma semínima) e uma pausa de semínima no segundo compasso. Recorri ao símbolo | para indicar uma semínima e ao símbolo ∟ para indicar uma colcheia, mantendo o espaço entre as sílabas proporcional ao tempo que ocupam:

[compasso 1:] *ba* *ba* *black* *sheep*
| | | |
[compasso 2:] *have you an-y* *wool* (pausa)
∟ ∟ ∟ ∟ | |

Podemos ver no diagrama que as colcheias têm o dobro da rapidez das semínimas.

A canção "That'll Be the Day", de Buddy Holly, começa com uma nota introdutória; o acento forte ocorre na nota seguinte e a cada quarta nota a partir daí, exatamente como em "Jailhouse Rock":

THAT'll be the day (pausa) when
YOU say good-bye-yes;
THAT'll be the day (pausa) when
YOU make me cry-hi; you
SAY you gonna leave (pausa) you
KNOW it's a lie 'cause
THAT'll be the day-ay-
Ay when I die.

Observe-se que Holly, tal como Elvis, corta uma palavra entre dois versos (*day* nas duas últimas linhas). Para a maioria das pessoas, o tactus dessa canção é de quatro tempos entre os inícios de compasso, e elas bateriam os pés quatro vezes entre um e outro. Aqui, as letras maiúsculas indicam o início do compasso, como anteriormente, e o **negrito** indica quando bateríamos o pé no chão para marcar o tempo:

Well
__THAT__'ll __be__ the __day__ __(pausa)__ when
__YOU__ __say__ good-__bye__-__yes__;
__THAT__'ll __be__ the __day__ __(pausa)__ when
__YOU__ __make__ me __cry__-__hi__; you
__SAY__ you __gonna__ __leave__ __(pausa)__ you
__KNOW__ __it's__ a __lie__ __'cause__
__THAT__'ll __be__ the __day__-__ay__-
__AY__ __when__ __I__ __die__.

Se prestar atenção à letra da canção e à sua relação com o tempo, você perceberá que algumas vezes bate o pé no meio de uma batida. O primeiro *say*, na segunda linha, na verdade começa antes de você baixar o pé — pé provavelmente estará no ar quando a palavra *say* começar, e você o baixará de encontro ao solo no meio dela. O mesmo acontece com a palavra *yes*, na mesma linha. Sempre que uma nota se antecipa a um acento — vale dizer, quando um músico toca uma nota um pouco antes do que se poderia esperar como a batida exata —, falamos de síncope. Trata-se de um conceito muito importante, relacionado à expectativa e, em última análise, à força emocional de uma canção. A síncope nos pega de surpresa, aumentando a excitação.

Exatamente como acontece com muitas outras canções, algumas pessoas *sentem* "That'll Be the Day" na metade do tempo; nada há de errado aí — trata-se de uma outra interpretação, não menos válida —, e essas pessoas batem com o pé duas vezes no mesmo período em que outras pessoas batem quatro vezes: uma vez no início do compasso e novamente duas batidas adiante.

A canção começa, de fato, com a palavra *Well*, que ocorre antes do primeiro acento forte — é a chamada nota introdutória. Holly também usa duas palavras, *Well e you*, como notas introdutórias ao verso, e logo depois estamos novamente em síncope com o início dos compassos:

[introdutória] *Well, you*
[linha 1] *GAVE me all your lovin' and your*
[linha 2] *(PAUSA) tur-tle dovin' (pausa)*
[linha 3] *ALL your hugs and kisses and your*
[linha 4] *(PAUSA) money too.*

O que temos de mais interessante aqui é que Holly surpreende nossas expectativas não só antecipando, mas retardando as palavras. Normalmente, haveria uma palavra para cada início de compasso, como nas canções de ninar. Mas nos versos dois e quatro da canção, o compasso começa em silêncio! É uma outra maneira encontrada pelos compositores para arrebatar o ouvinte, deixando de nos oferecer o que provavelmente esperávamos ouvir.

Quando batemos palmas ou estalamos os dedos para acompanhar a música, muitas vezes com toda a naturalidade e sem qualquer preparação, mantemos o compasso de forma diferente da que faríamos com os pés: não batemos palmas ou estalamos os dedos no início do compasso, mas na segunda batida e na quarta. Isso é o que chamamos de contratempo, o acento retardado de que fala Chuck Berry em sua canção "Rock and Roll Music".

John Lennon dizia que, para ele, a essência da arte de compor canções de rock estava em "simplesmente dizer o que se tem a dizer, em inglês perfeitamente simples, fazer rimar e encaixar um acento retardado". Em "Rock and Roll Music" (que John cantava com os Beatles), como na maioria das canções de rock, o acento retardado é o que toca a caixa clara, somente na segunda e na quarta batidas de cada compasso, em oposição à acentuação forte da primeira e ao acento forte secundário da terceira. Esse acento protelado é o típico elemento rítmico da música de rock, e Lennon o usava muito, como em "Instant Karma"

(a sequência *batida*, a seguir, indica onde a caixa clara é tocada, em acentuação retardada):

Instant karma's gonna get you
*(pausa) *batida* (pausa) *batida**
"Gonna knock you right on the head"
*(pausa) *batida* (pausa) *batida**
...
*But we all *batida* shine *batida**
*on *batida* (pausa) *batida**
*Like the moon *batida* and the stars *batida**
*and the sun *batida* (pausa) *batida**

Em "We Will Rock You", do Queen, ouvimos algo que soa como pés batendo no chão nas arquibancadas de um estádio duas vezes seguidas (bum-bum), seguindo-se palmas (CLAP), num ritmo reiterado: bum-bum-CLAP, bum-bum-CLAP; o CLAP é o acento retardado.

Imagine agora a marcha "The Stars and Stripes Forever", de John Philip Sousa. Se for capaz de ouvi-la mentalmente, você também poderá acompanhar o ritmo mental batendo com os pés. Enquanto a música for tocando, "DA-da-ta DUM-dum da DUM-dum dum-dum DUM", seu pé estará batendo BAIXO-alto BAIXO-alto BAIXO-alto BAIXO-alto. Nessa canção, é natural bater com o pé a cada duas semínimas. Dizemos que ela tem ritmo "binário", pois seu agrupamento natural é de duas semínimas por batida.

Agora imagine "My Favorite Things" (letra e música de Richard Rodgers e Oscar Hammerstein). Essa canção tem ritmo de valsa, também conhecido como compasso 3/4. Os acentos ou batidas parecem acomodar-se em grupos de três, com uma batida forte seguida de duas mais fracas. "*RAIN-drops-on ROSE-es and WHISK-ers-on KIT-tens* (pausa)." UM-dois-três UM-dois-três UM-dois-três UM-dois-três.

Como no caso das alturas, são mais comuns os coeficientes de duração de pequenos números inteiros, acumulando-se as indicações de que têm processamento neural mais fácil. Entretanto, como observa Eric

Clarke, os coeficientes de pequenos números inteiros quase nunca são encontrados em amostras de música real. Isso indica que existe um processo de quantização — equalização das durações — durante nosso processamento neural do tempo musical. Nosso cérebro considera iguais as durações semelhantes, arredondando algumas para cima e outras para baixo, para tratá-las como simples coeficientes de números inteiros, como 2:1, 3:1 e 4:1. Certas músicas usam coeficientes mais complexos que estes; Chopin e Beethoven utilizam coeficientes nominais de 7:4 e 5:4 em algumas de suas obras para piano, nas quais sete ou cinco notas são tocadas com uma das mãos, enquanto a outra toca quatro. Tal como acontece com as alturas, qualquer coeficiente é teoricamente possível, mas existem limitações para o que podemos perceber e lembrar, além daquelas baseadas em questões de estilo e convenção.

As três métricas mais comuns na música ocidental são: 4/4, 2/4 e 3/4. Existem outros agrupamentos rítmicos, como 5/4, 7/4 e 9/4. Uma métrica de certa forma comum é a de 6/8, na qual contamos seis batidas por compasso, com um acento por colcheia. É um compasso semelhante ao de valsa, o 3/4, com a diferença de que o compositor deseja que os músicos "sintam" a música em grupos de seis em vez de em grupos de três, e que o pulso de base seja o da colcheia, de menor duração, e não o da semínima. Temos aqui uma indicação da hierarquia existente nos agrupamentos musicais. É possível contar 6/8 como dois grupos de 3/8 (UM-dois-três UM-dois-três) ou como um grupo de seis (UM-dois-três-QUATRO-cinco-seis) com um acento secundário na quarta batida; para a maioria dos ouvintes essas sutilezas não interessam, dizendo respeito apenas ao executante. Mas pode haver diferenças no cérebro. Sabemos que existem circuitos neurais especificamente relacionados à detecção e à identificação da métrica musical, bem como que o cerebelo se ocupa do estabelecimento de um cronômetro interno capaz de sincronizar-se com manifestações do mundo exterior. Ninguém até hoje fez uma experiência para descobrir se 6/8 e 3/4 têm representações neurais diferentes, mas, como realmente são tratados de maneira diferente pelos músicos, é grande a probabilidade de que o cérebro faça o mesmo. Um dos princípios fundamentais da neurociência cognitiva é que o cérebro fornece a

base biológica de quaisquer comportamentos ou pensamentos que experimentamos, de modo que em algum nível deve haver uma diferenciação neural sempre que houver uma diferenciação comportamental.

Naturalmente, é fácil caminhar, dançar ou marchar nos compassos 4/4 e 2/4, pois, tratando-se de números pares, sempre acabamos com o mesmo pé batendo no chão num acento forte. Já é menos natural caminhar em ritmo de três por quatro: nunca veremos uma formação militar ou uma divisão de infantaria marchando em 3/4. O compasso de cinco por quatro é usado eventualmente, sendo os exemplos mais conhecidos o tema composto por Lalo Shiffrin para o filme *Missão impossível* e a canção "Take Five", de Dave Brubeck. Acompanhando essas canções, vemos que os ritmos básicos se acomodam em grupos de cinco: UM-dois-três-quatro-cinco, UM-dois-três-quatro-cinco. Na composição de Brubeck, temos uma batida forte secundária no quatro: UM-dois-três-QUATRO-cinco. Neste caso, muitos músicos pensam nas batidas de 5/4 em termos de alternância de batidas de 3/4 e 2/4. Em *Missão Impossível*, não existe uma subdivisão clara das cinco notas. Tchaikovsky usa o compasso de 5/4 no segundo movimento de sua Sexta Sinfonia. O Pink Floyd usou o 7/4 em sua canção "Money", assim como Peter Gabriel em "Salisbury Hill".

Deixei quase para o fim a discussão da intensidade, pois realmente não há muito a seu respeito, em termos de definição, que a maioria das pessoas já não saiba. Um aspecto surpreendente é que a intensidade, como a altura, é um fenômeno inteiramente psicológico, ou seja, não existe no mundo, apenas em nossa mente, pelo mesmo motivo da altura. Quando ajustamos a sonoridade do nosso equipamento de som, tecnicamente estamos aumentando a amplitude de vibração das moléculas, o que, por sua vez, é interpretado pelo cérebro como a intensidade. O que quero dizer é que precisamos de um cérebro para vivenciar aquilo que chamamos de "intensidade". Isso pode parecer uma distinção eminentemente semântica, mas é importante para a clareza do nosso vocabulário. Existem várias anomalias na representação mental da amplitude, como o fato de a intensidade não ser aditiva como são as amplitudes (a intensidade, como a altura, é logarítmico), ou o fenômeno da variação da altura de

um som senoidal em função de sua amplitude, ou a descoberta de que os sons podem parecer ter mais intensidade quando são processados eletronicamente de determinadas maneiras — como a compressão do espectro dinâmico — muito encontradas na música *heavy metal*.

A intensidade é medida em decibéis (do nome de Alexander Graham Bell, abreviado para dB), sendo uma unidade sem dimensão, como o percentual; e remete a um coeficiente de dois níveis sonoros. Nesse sentido, é semelhante a falar em intervalos musicais, mas não em nomes de notas. A escala é logarítmica e a duplicação da intensidade de uma fonte sonora resulta num aumento de 3 dB no som. A escala logarítmica é útil quando tratamos do som por causa da extraordinária sensibilidade do ouvido: o coeficiente entre o som mais forte que podemos ouvir sem sofrer danos permanentes e o som mais fraco que conseguimos detectar é de um milhão para um, quando são medidos como níveis de pressão sonora no ar; na escala de dB, temos 120 dB. A variação de volumes que somos capazes de perceber é chamada de espectro dinâmico. Os críticos às vezes se referem aos setores dinâmicos obtidos na gravação musical de alta qualidade; quando dizemos que uma gravação tem um espectro dinâmico de 90 dB, significa que a diferença entre as partes mais fracas e mais fortes do disco é de 90 dB — considerada de alta fidelidade pela maioria dos especialistas e estando além da capacidade da maioria dos sistemas domésticos de áudio.

Nossos ouvidos comprimem os sons muito fortes com o objetivo de proteger os delicados componentes do ouvido intermediário e interno. Normalmente, à medida que os sons vão ficando mais fortes, nossa percepção do volume aumenta proporcionalmente, mas quando os sons são realmente fortes, um aumento proporcional do sinal transmitido pelo tímpano causaria danos irreversíveis. A compressão dos níveis sonoros — ou do espectro dinâmico — significa que o grande aumento dos níveis sonoros no mundo gera mudanças muito menores em nossos ouvidos. As células ciliadas internas têm um espectro dinâmico de 50 dB, e, no entanto, somos capazes de ouvir acima de um espectro dinâmico de 120 dB. A cada aumento de 4 dB no nível sonoro, é transmitido um aumento de 1 dB para as células ciliadas internas. A maioria de nós é capaz

de detectar quando essa compressão está ocorrendo, pois os sons comprimidos têm uma qualidade diferente.

Especialistas em acústica desenvolveram uma maneira de facilitar as referências quanto aos níveis sonoros no ambiente: como os dBs expressam um coeficiente entre dois valores, eles escolheram um nível de referência (20 micropascais de pressão sonora) que equivale aproximadamente ao limiar da audição na maioria das pessoas saudáveis — o som de um mosquito voando a três metros de distância. Para evitar confusão, quando os decibéis estão sendo usados para refletir essa referência do nível de pressão sonora, são chamados de dB (SPL). Eis aqui algumas referências de níveis sonoros expressas em dB (SPL):

0 dB	Um mosquito voando em uma sala silenciosa, a uma distância de três metros.
20 dB	Um estúdio de gravação ou um escritório muito tranquilo.
35 dB	Um escritório tranquilo com a porta fechada e os computadores desligados.
50 dB	Conversa normal em uma sala.
75 dB	Nível de audição musical normal e confortável em fones de ouvido.
100-105dB	Concerto de música clássica ou ópera nas passagens de volume mais alto; certos reprodutores eletrônicos portáteis chegam a 105 dB.
110 dB	Uma perfuratriz a um metro de distância.
120 dB	Um motor a jato ouvido na pista de decolagem a noventa metros de distância; um show de rock comum.
126-130 dB	Limiar de dor e lesão; um concerto de rock do The Who (note-se que o nível sonoro 126 dB é quatro vezes mais alto que 120 dB).
180 dB	Lançamento de um ônibus espacial.
250-275 dB	O centro de um tornado; uma erupção vulcânica.

Os tampões de ouvido convencionais, feitos de espuma, são capazes de bloquear cerca de 25 dB de som, embora não o façam em todo o es-

pectro de frequência. Em um concerto do The Who, os tampões podem minimizar o risco de lesão permanente, reduzindo os níveis que alcançam o ouvido na faixa de 100-110 dB (SPL). Os protetores de ouvido que repousam sobre a orelha, do tipo usado nas linhas de tiro de fuzil e pelos profissionais de aterrissagem nos aeroportos, muitas vezes são complementados por tampões internos, para máxima proteção.

Bastante gente gosta muito de ouvir música alta. Os frequentadores de espetáculos costumam falar de um estado especial da consciência, de certos momentos de emoção e arrebatamento em que a intensidade da música fica realmente forte — acima de 115 dB. Ainda não sabemos por que isso acontece. Parte da explicação pode estar no fato de que a música em forte intensidade satura o sistema auditivo, fazendo com que os neurônios se excitem ao máximo. Quando muitos e muitos neurônios estão no grau máximo de excitação, pode ser gerada uma propriedade, um estado cerebral qualitativamente diferente do que prevalece quando eles são estimulados num nível normal. Ainda assim, o fato é que certas pessoas gostam de música alta, e outras, não.

A intensidade é um dos sete principais elementos da música, juntamente com a altura, o ritmo, a melodia, a harmonia, o andamento e a métrica. As mais ínfimas alterações na intensidade têm um efeito profundo na comunicação emocional da música. Um pianista pode tocar cinco notas ao mesmo tempo e fazer com que uma delas soe ligeiramente mais alta que as outras, fazendo com que desempenhe um papel completamente diferente na nossa percepção global desse trecho. A intensidade é também um fator importante do ritmo, como vimos, e da métrica, pois é a intensidade das notas que determina a forma como se agrupam ritmicamente.

Tendo agora dado a volta completa, retornamos ao tema genérico das alturas. O ritmo é uma questão de expectativa. Ao bater com os pés, estamos prevendo o que vai acontecer em seguida. Na música, também jogamos com as expectativas no contexto das alturas. As regras desse jogo são a tonalidade e a harmonia. Uma tonalidade musical consiste no contexto sonoro de uma peça de música, mas nem todas elas têm uma tona-

lidade. Os tambores africanos, por exemplo, não a têm, como tampouco a música de 12 tons de compositores como Schönberg. Mas praticamente todas as músicas que ouvimos na cultura ocidental — dos jingles comerciais no rádio à mais séria sinfonia de Bruckner, da música gospel de Mahalia Jackson ao punk dos Sex Pistols — têm um conjunto central de alturas ao qual acabam voltando, um centro tonal, a tonalidade. Ela pode mudar em plena canção (o que se chama de modulação), mas, por definição, é algo que se mantém num período relativamente longo de tempo no decorrer da canção, em geral por alguns minutos.

Se uma melodia baseia-se na escala de dó maior, por exemplo, costumamos dizer que é uma melodia "na tonalidade de dó", ou seja, ela é atraída de volta à nota dó e, mesmo que não termine nesta nota, ela fica no espírito dos ouvintes como a nota dominante e focal de toda a peça. O compositor pode temporariamente recorrer a notas alheias à escala de dó maior, mas nós as reconhecemos como desvios — algo semelhante, num filme, a um rápido corte de montagem para uma cena paralela ou um flashback, no qual sabemos que é iminente e inevitável um retorno à linha central do enredo. (Para um exame mais detalhado da teoria musical, ver o Apêndice 2.)

Na música, o atributo da altura funciona dentro de uma escala ou contexto tonal/harmônico. Uma nota nem sempre soa igual: nós a ouvimos no contexto de uma melodia e do que veio antes, bem como no contexto da harmonia e dos acordes que a acompanham. Podemos estabelecer um paralelo com o paladar: o orégano tem um gosto agradável acompanhando a berinjela ou o molho de tomate, mas talvez não tanto com uma torta de banana. A nata transmite uma mensagem diferente ao paladar conforme esteja recobrindo morangos, misturada a uma xícara de café ou compondo um cremoso molho de alho para saladas.

Em "For No One", dos Beatles, a melodia é cantada em uma nota durante dois compassos, mas os acordes que a acompanham mudam, conferindo-lhe sonoridades e climas diferentes. A canção "Samba de uma nota só", de Antonio Carlos Jobim, consiste, na verdade, em muitas notas, mas uma delas aparece em toda a sua extensão acompanhada por acordes diferentes, e ouvimos toda uma variedade de nuances de significado

musical à medida que a canção se desenrola. Em certos contextos harmônicos, a nota soa brilhante e alegre, em outros, pensativa. Outra coisa que a maioria de nós é perfeitamente capaz de fazer, mesmo não sendo músico, é reconhecer progressões familiares de acordes, mesmo na ausência da melodia conhecida. Sempre que os Eagles tocam numa apresentação essa sequência de acordes

> si menor / fá sustenido maior / lá maior / mi maior / sol maior / ré maior / mi menor / fá sustenido maior

basta que toquem três acordes para que milhares de fãs sem qualquer formação musical saibam que vão tocar "Hotel Califórnia". E apesar de terem alterado a instrumentação ao longo dos anos, passando das guitarras elétricas para as acústicas, das guitarras de 12 para as de seis cordas, continuamos reconhecendo os acordes; somos capazes, inclusive, de reconhecê-los quando são tocados por uma orquestra ouvida em alto-falantes baratos em versão Muzak no consultório do dentista.

Relacionada ao tema das escalas e das tonalidades maiores e menores, temos a questão da consonância e da dissonância. Certos sons nos são desagradáveis, embora nem sempre saibamos por quê. Um exemplo clássico é o das unhas sendo raspadas num quadro-negro, o que, aparentemente, se aplica apenas aos seres humanos; os macacos, por exemplo, não se importam (pelo menos na única experiência que foi feita, apreciaram tanto este som quanto a música de rock). Certas pessoas não suportam o som distorcido de guitarras elétricas; no caso de outras, é só o que ouvem. Em termos harmônicos — ou seja, falando-se da altura das notas, e não dos timbres ouvidos —, há quem considere particularmente desagradáveis certos intervalos ou acordes. Os músicos referem-se aos acordes de sons e intervalos agradáveis como consonantes e aos desagradáveis como dissonantes. Muito se tem pesquisado para entender por que consideramos certos intervalos consonantes e outros não, mas ainda não se chegou a uma conclusão a respeito. Até o momento, conseguimos entender que o tronco cerebral e o núcleo coclear dorsal — estruturas tão primitivas que são encon-

tradas em todos os vertebrados — são capazes de distinguir entre consonância e dissonância; esta distinção ocorre antes de ser mobilizado o nível mais alto da região cerebral humana: o córtex.

Embora os mecanismos neurais que estão por trás da consonância e da dissonância ainda sejam controvertidos, existe consenso sobre os intervalos considerados consonantes. Um intervalo de uníssono — uma nota tocada com ela mesma — é considerado consonante, como no caso de uma oitava. Esses intervalos geram coeficientes de frequências inteiras de 1:1 e 2:1, respectivamente. (De um ponto de vista acústico, metade das cristas das ondas sonoras das oitavas coincide perfeitamente, enquanto a outra metade cai exatamente entre as duas cristas.) Curiosamente, quando dividimos a oitava precisamente pela metade, obtemos o trítono, considerado pela maioria das pessoas o intervalo mais desagradável. Isso pode estar relacionado, em certa medida, ao fato de que o trítono não provém de um coeficiente inteiro simples, sendo o seu coeficiente de 43:32. Podemos encarar a consonância do ponto de vista de um coeficiente inteiro. O coeficiente de 3:1 é um coeficiente inteiro simples, definindo duas oitavas; assim como o coeficiente de 3:2, definindo o intervalo da quinta justa. É a distância, por exemplo, entre o dó e o sol logo acima dele. A distância desse sol ao dó acima dele forma um intervalo de quarta justa, e seu coeficiente de frequência é de 4:3.

A origem das notas de nossa escala maior remonta à Grécia antiga e às ideias de consonância que então prevaleciam. Se começarmos com a nota dó e simplesmente acrescentarmos o intervalo de quinta justa repetidas vezes, acabamos gerando uma série de frequências muito próximas da atual escala maior: dó — sol — ré — lá — mi — si — fá sustenido — dó sustenido — sol sustenido — ré sustenido — lá sustenido — mi sustenido (ou fá), e de volta ao dó. Essa série é conhecida como o círculo das quintas, porque depois de percorrer todo o ciclo voltamos à nota inicial. Curiosamente, se seguirmos a série harmônica, podemos gerar frequências que de certa forma também são próximas da escala maior.

Por si só, uma nota não pode ser dissonante, mas pode soar de forma dissonante contra o pano de fundo de certo acorde, especialmente quando este é de uma tonalidade à qual a nota não pertence. Duas notas podem

soar dissonantes quando juntas, sejam elas tocadas simultaneamente ou em sequência, caso esta não se adapte aos costumes que aprendemos estarem ligados a nossa linguagem musical. Os acordes também podem soar dissonantes, especialmente quando formados fora da tonalidade estabelecida. A conjunção de todos esses fatores é o trabalho do compositor. Quase todos nós somos ouvintes muito exigentes, e quando o compositor não alcança exatamente aquele equilíbrio ideal, nossas expectativas terão sido traídas de maneira insuportável, e simplesmente mudaremos a estação de rádio, tiraremos os fones de ouvido ou nos retiraremos da sala.

Passamos em revistas os principais elementos que compõem a música: altura, timbre, tonalidade, harmonia, intensidade, ritmo, métrica e andamento. Os neurocientistas decompõem o som em seus diferentes elementos para estudar seletivamente quais regiões do cérebro estão envolvidas no processamento de cada um deles, e os musicólogos debatem suas contribuições individuais à experiência estética global da audição. Mas a música — concretamente — tem êxito ou fracassa em função da relação entre esses elementos. Os compositores e os músicos raramente os tratam de maneira totalmente isolada; eles sabem que, para alterar um ritmo, também pode ser necessário mudar as alturas, a intensidade ou os acordes que acompanham esse ritmo. Uma das maneiras de abordar o estudo dessa relação entre os diferentes elementos tem sua origem no fim do século XIX, com os psicólogos da gestalt.

Em 1890, Christian von Ehrenfels ficou intrigado com algo que todos achamos perfeitamente natural e sabemos fazer: a transposição melódica. Transpor significa simplesmente cantar ou tocar uma canção em uma tonalidade ou altura diferente. Quando cantamos "Parabéns pra você", simplesmente acompanhamos a pessoa que começou a cantar, e na maioria dos casos essa pessoa limita-se a começar na nota que lhe parecer mais confortável. Pode até começar numa altura que não seja uma nota reconhecível da escala musical, situada, por exemplo, entre dó e dó sustenido, e praticamente ninguém perceberá ou dará importância. Se você cantar "Parabéns pra você" três vezes na mesma semana, poderá

estar cantando três séries completamente diferentes de alturas. Cada uma dessas versões é considerada uma transposição das outras.

Os psicólogos da gestalt — von Ehrenfels, Max Wertheimer, Wolfgang Köhler, Kurt Koffka e outros — interessaram-se pelo problema das configurações; vale dizer, a maneira como os elementos se unem para formar um todo qualitativamente diferente da soma de suas partes. A palavra alemã *gestalt* foi incorporada a outras línguas com o significado de uma forma global unificada, aplicável a objetos artísticos ou de outra natureza. Podemos pensar uma gestalt como uma ponte suspensa. As funções e a utilidade da ponte não podem ser facilmente compreendidas pelo exame de cabos, vigas, parafusos e feixes de aço; apenas quando esses componentes se juntam na forma de uma ponte podemos entender de que maneira uma ponte é diferente, por exemplo, de um guindaste que poderia ser constituído das mesmas partes. Assim também, na pintura, a relação entre os elementos constitui um aspecto essencial do produto artístico final. O exemplo clássico é um rosto: a *Mona Lisa* não seria o que é se os olhos, o nariz e a boca, mesmo pintados exatamente como são, estivessem dispostos na tela de uma forma diferente.

Os gestaltistas perguntavam-se como uma melodia — composta de uma série de alturas específicas — preservava sua identidade e podia ser reconhecida mesmo depois de alteradas todas as alturas. Aí estava um caso em que não podiam apresentar uma explicação teórica satisfatória, o supremo triunfo da forma sobre o detalhe, do todo sobre as partes. Podemos tocar uma melodia recorrendo a qualquer série de alturas, e enquanto a relação entre elas for constante, será a mesma melodia. Podemos tocá-la em diferentes instrumentos, e as pessoas continuarão a reconhecê-la. Se a tocarmos na metade ou no dobro da velocidade, ou mesmo se adotarmos todas essas transformações ao mesmo tempo, ainda assim os ouvintes não terão dificuldade de reconhecer a canção original. A influente escola da gestalt formou-se para estudar essa questão específica. Embora nunca tenham conseguido esclarecê-la, seus integrantes efetivamente contribuíram enormemente para nossa compreensão da maneira como os objetos se organizam no mundo visual, por meio de

uma série de regras que são ensinadas em todas as classes introdutórias de psicologia, as regras dos "princípios de agrupamento da gestalt".

Albert Bregman, psicólogo cognitivo da Universidade McGill, nos últimos trinta anos realizou uma série de experiências para desenvolver um entendimento semelhante dos princípios de agrupamento na esfera sonora. O teórico musical Fred Lerdahl, da Universidade de Columbia, e o linguista Ray Jackendoff, da Universidade de Brandeis (atualmente na Universidade de Tufts), atacaram a questão da descrição de um conjunto de regras, semelhantes às regras da gramática da linguagem falada, que governam a composição musical, estando entre elas os princípios de agrupamento na música. Os fundamentos neurais desses princípios ainda não foram completamente entendidos, mas foi possível, por meio de uma série de engenhosas experiências comportamentais, aprender muita coisa sobre sua fenomenologia.

Na visão, o conceito de agrupamento diz respeito à maneira como os elementos do mundo visual se combinam ou se mantêm isolados uns dos outros em nossa imagem mental do mundo. O agrupamento é em parte um processo automático, o que significa que, em grande medida, ocorre rapidamente no cérebro, sem interferência de nossa consciência. Já foi exposto simplesmente como o problema de "o que combina com o quê" em nosso campo visual. Hermann von Helmholtz, o cientista do século XIX que explicou boa parte do que hoje entendemos como ciência auditiva, descreveu-o como um processo inconsciente envolvendo o ato de inferir, de estabelecer deduções lógicas sobre quais objetos têm probabilidade de combinar uns com os outros, com base em determinadas características ou atributos por eles apresentados.

Se estamos no alto de uma montanha contemplando uma paisagem, podemos relatar que estamos vendo duas ou três outras montanhas, um lago, um vale, uma planície fértil e uma floresta. Embora a floresta seja constituída de centenas ou milhares de árvores, estas formam um grupo perceptivo, distinto de outros elementos, não necessariamente em virtude do nosso conhecimento das florestas, mas pelo fato de as árvores apresentarem propriedades semelhantes de forma, tamanho e cor — pelo menos quando opostas a planícies férteis, lagos e montanhas. Entretan-

to, se estivermos em uma floresta de carvalhos e pinheiros, a casca lisa e branca dos carvalhos fará com que eles "se destaquem", como um grupo separado, dos pinheiros, com sua casca áspera e escura. Se eu convidá-lo a ficar diante de uma árvore e pedir-lhe que descreva o que está vendo, você poderá começar focalizando os detalhes: a casca, os galhos, as folhas, os insetos, o musgo. Contemplando um gramado, geralmente não vemos folhas individuais de grama, embora possamos fazê-lo se dirigirmos nossa atenção nesse sentido. O agrupamento é um processo hierárquico, e a maneira como nosso cérebro forma grupos perceptivos depende de um grande número de fatores, dos quais alguns são intrínsecos aos próprios objetos — forma, cor, simetria, contrastes e princípios relativos à continuidade das linhas e bordas do objeto — e outros são de natureza psicológica, ou seja, têm origem em nossa mente — por exemplo, a direção que tentamos conscientemente imprimir a nossa atenção, as lembranças que temos desse objeto ou de outros semelhantes e nossas expectativas sobre a maneira como os objetos devem ser combinados.

Os sons também se agrupam. Isso significa que enquanto alguns se atraem, outros se repelem. A maioria das pessoas não é capaz de isolar o som de um violino da orquestra em relação aos outros nem de um dos trompetes em relação aos demais — eles formam um grupo. Na verdade, a orquestra inteira pode constituir um único grupo perceptivo — chamado de fluxo na terminologia de Bregman —, dependendo do contexto. Quando estamos em um concerto ao ar livre, com vários conjuntos tocando ao mesmo tempo, os sons da orquestra à nossa frente formarão uma entidade auditiva única, separada das outras orquestras que estão para trás ou ao lado. Por meio de um ato de volição (atenção), podemos focalizar apenas os violinos da orquestra à nossa frente, assim como podemos acompanhar uma conversa com a pessoa ao lado numa sala cheia, onde transcorrem muitas conversas simultâneas.

Um caso típico de agrupamento auditivo ocorre quando os muitos sons diferentes emanados de um mesmo instrumento musical convergem na percepção de um só instrumento. Não ouvimos os harmônicos individuais de um oboé ou de um trompete, ouvimos apenas um oboé ou um trompete. Isso é tanto mais digno de nota se imaginarmos um oboé e um

trompete sendo tocados ao mesmo tempo. Nosso cérebro é capaz de analisar as dezenas de diferentes frequências que nos chegam, unindo-as da melhor maneira. Não temos a impressão de dezenas de harmônicos desconexos, como tampouco ouvimos apenas um único instrumento híbrido: nosso cérebro constrói imagens mentais separadas de um oboé e de um trompete, bem como do som dos dois sendo tocados juntos — a base de nossa apreciação das combinações tímbricas na música. Era disso que falava Pierce ao maravilhar-se com os timbres da música de rock, os sons produzidos por um baixo elétrico e uma guitarra elétrica quando tocados ao mesmo tempo: dois instrumentos, perfeitamente distintos um do outro e, no entanto, criando simultaneamente uma nova combinação sonora que pode ser ouvida, discutida e lembrada.

Nosso sistema auditivo explora a série harmônica agrupando os sons. Nosso cérebro evoluiu num mundo em que muitos dos sons vivenciados por nossa espécie — ao longo das dezenas de milhares de anos da história evolutiva — tinham certas propriedades acústicas comuns, entre elas a série harmônica tal como a entendemos hoje. Mediante esse processo de "inferência inconsciente" (como o batizou von Helmholtz), nosso cérebro presume que é altamente improvável que estejam presentes várias fontes sonoras diferentes, cada uma produzindo um só componente da série harmônica. Em vez disso, o cérebro vale-se do "princípio de probabilidade", segundo o qual um só objeto deve estar gerando esses componentes harmônicos. Todos nós podemos fazer essas inferências, até mesmo quem não for capaz de identificar ou designar pelo nome o instrumento "oboé", distinguido-o, por exemplo, de uma clarineta, de um fagote ou mesmo de um violino. Mas assim como qualquer pessoa que não conheça os nomes das notas da escala é capaz de distinguir quando duas notas diferentes estão sendo tocadas, quase todos nós — mesmo sem conhecer os nomes dos instrumentos musicais — somos capazes de dizer quando dois instrumentos diferentes estão sendo tocados. Em grande medida, a maneira como nos valemos da série harmônica para agrupar os sons explica por que ouvimos um trompete em vez dos harmônicos individuais que chegam aos nossos ouvidos: eles se agrupam como as folhas de grama que nos dão a impressão de um "gramado". A explica-

ção é a mesma para a distinção que fazemos entre um trompete e um oboé quando estão executando notas diferentes: frequências fundamentais diferentes dão origem a diversos conjuntos diferentes de harmônicos, e nosso cérebro é capaz de perceber sem esforço o que combina com o que, num processo de computação que se assemelha ao que faria um computador propriamente dito. Mas não explica como podemos distinguir um trompete de um oboé quando estão tocando a mesma nota, pois nesse caso os harmônicos têm frequência praticamente igual (embora com as diferentes amplitudes características de cada instrumento). Para isso, o sistema auditivo conta com o princípio da simultaneidade de ataques. Os sons que têm início juntos — no mesmo instante — são percebidos conjuntamente, no sentido do agrupamento. E desde a década de 1870, quando Wilhelm Wundt criou o primeiro laboratório de psicologia, sabe-se que o sistema auditivo humano é extraordinariamente sensível ao que se apresenta com esse caráter de simultaneidade, sendo capaz de detectar diferenças de até alguns milissegundos nos momentos de ataque.

Assim, quando um trompete e um oboé estão executando a mesma nota simultaneamente, nosso sistema auditivo é capaz de perceber que dois instrumentos diferentes estão sendo tocados porque o pleno espectro sonoro de um deles — a série harmônica — talvez comece alguns milésimos de segundo antes do espectro do outro. É o que acontece quando um processo de agrupamento não só integra os sons num objeto único como também os segrega em diferentes objetos.

O princípio dos ataques simultâneos pode ser encarado de maneira mais genérica como um conceito de posicionamento temporal. Nós agrupamos todos os sons que a orquestra está produzindo agora, diferenciando-os daqueles que ela produzirá amanhã à noite. O tempo é um fator no agrupamento auditivo, assim como a localização espacial, pois nossos ouvidos tendem a agrupar os sons que procedem do mesmo lugar. Não somos muito sensíveis à localização no plano vertical (para cima e para baixo), mas efetivamente o somos no plano lateral (direita-esquerda) e no plano frontal-posterior. Nosso sistema auditivo presume que os sons provenientes de um ponto distinto do espaço provavelmente fazem parte do mesmo objeto no plano real. Este é um dos motivos pelos quais

podemos acompanhar uma conversa numa sala cheia com relativa facilidade: nosso cérebro está usando as indicações de localização espacial da pessoa com a qual conversamos para filtrar as outras conversas. Outro fator que também ajuda é o timbre pessoal e intransferível da pessoa com quem falamos — o som da sua voz —, que funciona como mais uma indicação de agrupamento.

O agrupamento também é afetado pela amplitude. Os sons de intensidades semelhantes se agrupam, e é por isso que podemos acompanhar as diferentes melodias nos *divertimenti* de Mozart para instrumentos de sopro. Os timbres são muito semelhantes, mas alguns instrumentos são mais fortes do que outros, gerando diferentes fluxos em nosso cérebro. É como se a sonoridade do conjunto de instrumentos de sopro passasse por um filtro ou peneira, sendo as suas diferentes partes separadas em função das respectivas posições na escala de volume.

A frequência, ou altura, é um fator influente e fundamental no agrupamento. Ouvindo uma partitura de Bach para flauta, você perceberá momentos em que certas notas parecem "destacar-se" das demais, especialmente quando o flautista executa uma passagem rápida — algo como o equivalente auditivo de uma imagem do jogo "Onde está Wally?". Bach sabia que as grandes diferenças de frequência são capazes de segregar determinados sons — bloqueando ou inibindo o agrupamento — e incluiu em suas partituras grandes saltos de alturas, abarcando uma quinta justa ou mais. As notas agudas, alternadas com uma sucessão de notas mais graves, criam um fluxo à parte, dando ao ouvinte a ilusão de estar ouvindo duas flautas, quando, na verdade, apenas uma é tocada. O mesmo efeito aparece em muitas das sonatas para violino de Locatelli. O canto típico do Tirol suíço que alterna entre a voz normal e o falsete também produz esse resultado, combinando sinais de altura e timbre; quando um dos cantores tradicionais passa para o registro do falsete, está produzindo ao mesmo tempo um timbre específico e um grande salto de altura, fazendo com que as notas mais agudas voltem a se separar num fluxo perceptivo distinto e dando a ilusão de duas pessoas cantando partes intercaladas.

Já sabemos que os subsistemas neurobiológicos encarregados de captar os diferentes atributos do som aqui descritos muito cedo se separam nos

níveis inferiores do cérebro. Isso parece indicar que o agrupamento é levado a efeito por mecanismos gerais que de certa forma funcionam independentemente uns dos outros. Porém também ficou claro que os atributos atuam em colaboração ou oposição quando se combinam de determinadas maneiras, bem como sabemos que a experiência e a atenção podem influenciar o agrupamento, o que indicaria que certas partes desse processo encontram-se sob controle cognitivo consciente. As formas como os processos conscientes e inconscientes atuam — assim como os mecanismos cerebrais que estão por trás deles — ainda são objeto de debate, mas nos últimos dez anos avançamos muito em sua compreensão. Finalmente chegamos ao ponto em que temos a possibilidade de localizar áreas específicas do cérebro envolvidas em determinados aspectos do processamento musical. Acreditamos até que foi identificada a área do cérebro que nos faz prestar atenção às coisas.

Como se formam os pensamentos? As lembranças são "armazenadas" numa parte específica do cérebro? Por que certas vezes não conseguimos tirar uma canção da cabeça? Será que nosso cérebro sente um prazer perverso em nos enlouquecer lentamente com jingles comerciais absolutamente idiotas? Essas e outras ideias serão examinadas nos próximos capítulos.

CAPÍTULO 3

Por trás da cortina

A MÚSICA E A MÁQUINA MENTAL

Para os cientistas cognitivos, a palavra *mente* designa aquela parte de cada um de nós que contém pensamentos, esperanças, desejos, lembranças, crenças e experiências. O cérebro, por outro lado, é um órgão do corpo, um conjunto de células e água, substâncias químicas e vasos sanguíneos, localizado no crânio. A atividade cerebral dá origem aos conteúdos mentais. Os cientistas cognitivos às vezes estabelecem uma analogia entre o cérebro e a CPU ou hardware de um computador, enquanto a mente se assemelharia aos programas ou softwares postos em uso na CPU. (Não seria nada mau se isso fosse literalmente verdade e pudéssemos sair para comprar uma memória mais potente.) Programas diferentes podem funcionar num hardware basicamente igual, assim como mentes diferentes podem ter origem em cérebros muito semelhantes.

A cultura ocidental herdou uma tradição de dualismo de René Descartes, que escreveu que a mente e o cérebro são coisas totalmente separadas. Os dualistas afirmam a preexistência da mente antes mesmo de nascermos, e sustentam que o cérebro não é o lugar dos pensamentos: ele seria apenas um instrumento da mente, ajudando a executar sua vontade, a mover os músculos e a manter a homeostasia do corpo. Para a maioria de nós, certamente prevalece a impressão de que nossa mente é algo único e inconfundível, independente de um mero conjunto de processos neuroquímicos. Como poderia *eu* ser reduzido assim, sem cerimônia, a meros axônios, dendritos e canais iônicos? Certamente a impressão é de que somos algo mais que isso.

Tal impressão pode ser uma ilusão, exatamente como a de que a Terra está parada, e não girando em torno do próprio eixo a 1.600 quilômetros por hora. A maioria dos cientistas e filósofos contemporâneos considera que o cérebro e a mente são duas partes de um todo, e alguns chegam a acreditar que a própria distinção é equivocada. O ponto de vista que hoje prevalece é o de que o conjunto de pensamentos, crenças e experiências é representado em padrões de descargas — atividade eletroquímica — no cérebro. Quando este deixa de funcionar, a mente se vai, mas ele pode continuar existindo, sem pensamentos, em um recipiente de algum laboratório.

As indicações concretas nesse sentido provêm de descobertas neuropsicológicas sobre a especificidade regional das funções. Pode acontecer de uma determinada área do cérebro ser danificada em consequência de um derrame (um bloqueio de vasos sanguíneos no cérebro que causa a morte de células), de tumores, de ferimentos na cabeça ou de outros traumas. Em muitos desses casos, os danos causados numa região específica do cérebro levam à perda de determinada função mental ou corporal.

Mais de um século de investigações neuropsicológicas dessa natureza permitiram-nos estabelecer mapas das áreas funcionais do cérebro e localizar operações cognitivas específicas. O ponto de vista que prevalece é de que esse órgão é como um sistema de computação: redes de neurônios interligados computam informações e as combinam de formas que levam aos pensamentos, decisões, percepções e, em última análise, à consciência. Diferentes subsistemas são responsáveis por certos aspectos da cognição. Lesões numa área do cérebro logo acima e atrás da orelha esquerda — a área de Wernicke — geram dificuldades na compreensão da linguagem falada; lesões na região bem no alto da cabeça — o córtex motor — causam dificuldade na movimentação dos dedos; lesões na área central do cérebro — o complexo hipocampal — podem bloquear a capacidade de gerar novas lembranças, ao mesmo tempo que deixam intactas as velhas lembranças. As lesões na região logo atrás da testa podem provocar dramáticas mudanças de personalidade, privando-nos de certos aspectos de nós mesmos. Essa localização das funções

mentais constitui um dado científico fortemente indicativo do envolvimento do cérebro no pensamento, reforçando a tese de que os pensamentos provêm do cérebro.

Sabemos desde 1848 (e do caso médico de Phineas Gage) que os lobos frontais estão intimamente relacionados a certos aspectos do eu e da personalidade. E, no entanto, 150 anos depois, quase tudo que podemos dizer a respeito da personalidade e das estruturas neurais é vago e genérico. Ainda não conseguimos localizar a região da paciência no cérebro nem as da generosidade ou do ciúme, e parece improvável que algum dia o consigamos. O cérebro apresenta uma diferenciação regional de estruturas e funções, mas os atributos mais complexos de personalidade certamente são distribuídos por todo ele.

Podemos fazer certas generalizações a respeito das funções, mas, na verdade, o comportamento é complexo, não podendo ser reduzido a mapeamentos simplificados. O cérebro humano é formado por quatro lobos — frontal, temporal, parietal e occipital — e o cerebelo. O lobo frontal é associado ao planejamento, ao autocontrole e à atribuição de sentido aos sinais densos e misturados recebidos por nossos sentidos — a chamada "organização perceptiva" estudada pelos psicólogos da gestalt. O lobo temporal está associado à audição e à memória; o parietal, à motricidade e à percepção espacial; e o occipital, à visão. O cerebelo está envolvido com as emoções e o planejamento dos movimentos, sendo, do ponto de vista evolutivo, a parte mais antiga do nosso cérebro; até mesmo certos animais que carecem da região mais "alta" do cérebro, o córtex, como é o caso dos répteis, dispõem de um cerebelo. A separação cirúrgica entre uma parte do lobo frontal, o córtex pré-frontal, e o tálamo é chamada de lobotomia. Assim, quando os Ramones cantavam "*Now I guess I'll have to tell em/ That I got no cerebellum*" (Acho que agora vou ter de contar/ Que não tenho cerebelo), em sua canção "Teenage Lobotomy" (letra e música de Douglas Colvin, John Cummings, Thomas Erdely e Jeffrey Hyman), não estavam sendo corretos do ponto de vista anatômico, mas, em nome da licença artística, e também pelo fato de terem criado uma das grandes rimas na música de rock, certamente ninguém vai reclamar.

A atividade musical mobiliza quase todas as regiões do cérebro de que temos conhecimento, além de quase todos os subsistemas neurais. Os diferentes aspectos da música são tratados por diversas regiões neurais: o cérebro vale-se da segregação funcional para o processamento musical, utilizando um sistema de detectores cuja função é analisar determinados aspectos do sinal musical, como altura, andamento, timbre etc. Certas partes do processamento musical têm pontos em comum com as operações necessárias para analisar outros sons; para entender a fala, por exemplo, precisamos segmentar um turbilhão de sons em palavras, sentenças e frases, além de entender certos aspectos que estão além das palavras, como o sarcasmo. Várias dimensões de um som musical precisam ser analisadas — geralmente envolvendo vários processos neurais quase independentes —, para em seguida serem reunidas e formarem uma representação coerente daquilo que estamos ouvindo.

O ato de ouvir música começa nas estruturas subcorticais (abaixo do córtex) — os núcleos cocleares, o tronco cerebral, o cerebelo — e em seguida avança para o córtex auditivo de ambos os lados do cérebro. A tentativa de acompanhar uma música que já conhecemos — ou pelo menos de um estilo com o qual estamos familiarizados, como a música barroca ou blues — mobiliza outras regiões do cérebro, entre elas o hipocampo — o centro da memória — e subseções do lobo frontal, especialmente uma região chamada córtex frontal inferior, situada nas partes inferiores do lobo frontal, ou seja, mais próxima do queixo do que do alto da cabeça. Acompanhar o ritmo, seja com os pés ou apenas mentalmente, mobiliza os circuitos de regulação temporal do cerebelo. O ato de fazer música — seja com algum instrumento, cantando ou regendo — mais uma vez mobiliza os lobos frontais no planejamento do comportamento, assim como o córtex motor do lobo parietal, logo abaixo do alto da cabeça, e o córtex sensorial, que nos dá a resposta tátil, indicando que pressionamos a tecla certa do instrumento ou movemos a batuta na direção que pretendíamos. A leitura de uma partitura musical envolve o córtex visual, situado no lobo occipital, na parte posterior da cabeça. Ouvir ou rememorar letras de canções mobiliza centros da linguagem, como a área de Broca e Wernicke, e outras nos lobos temporal e frontal.

Em um nível mais profundo, as emoções que sentimos ao ouvir música envolvem estruturas profundas das regiões reptilianas primitivas do vermis cerebelar e a amígdala — o cerne do processamento emocional no córtex. A ideia da especificidade regional fica evidente nesse breve apanhado, mas também vigora um princípio complementar, o da distribuição funcional. O cérebro é um dispositivo que funciona eminentemente em regime de paralelismos, com uma ampla distribuição de operações. Não encontramos um centro único da linguagem, como tampouco um para a música. Em vez disso, há regiões que desempenham operações componentes e outras que coordenam o processo de convergência dessas informações. Por fim, só recentemente descobrimos que o cérebro tem uma capacidade de reorganização que supera em muito o que supúnhamos, sendo chamada de neuroplasticidade, pois, em certos casos, a especificidade regional pode ser temporária e os centros de processamento de certas funções mentais importantes são transferidos para outras regiões em consequência de traumas ou lesões cerebrais.

É difícil apreciar a complexidade do cérebro porque os números são tão gigantescos que em muito ultrapassam nossa experiência cotidiana (a menos que você seja um cosmologista). O cérebro é constituído em média de cem bilhões (100.000.000.000) de neurônios. Suponha que cada neurônio valesse um dólar e que você estivesse numa esquina tentando distribuir dólares aos passantes, com toda rapidez possível — digamos, um dólar por segundo. Se você fizesse isto 24 horas por dia, 365 dias por ano, sem parar, e se tivesse começado no dia em que Jesus nasceu, até hoje só teria distribuído dois terços do dinheiro. Ainda que distribuísse cédulas de cem dólares por segundo, você levaria 32 anos para livrar-se de todas elas. É uma quantidade muito grande de neurônios, mas a verdadeira força e complexidade do cérebro (e do pensamento) decorrem das conexões entre eles.

Cada neurônio está ligado a outros — geralmente mil a dez mil outros. Um grupo de apenas quatro neurônios pode estar conectado de 63 maneiras ou não estar conectado de todo, num total de 64 possibilidades. À medida que aumenta o número de neurônios, a quantidade de

conexões possíveis multiplica-se exponencialmente (a fórmula para a maneira como *n* neurônios podem conectar-se uns aos outros é $2^{(n*(n-1)/2)}$):

Para 2 neurônios existem 2 possibilidades de conexão
Para 3 neurônios existem 8 possibilidades
Para 4 neurônios existem 64 possibilidades
Para 5 neurônios existem 1.024 possibilidades
Para 6 neurônios existem 32.768 possibilidades

O número de combinações torna-se tão grande que é improvável que um dia venhamos jamais a entender todas as possíveis conexões do cérebro ou o que signifiquem. O número de combinações possíveis — e, portanto, de diferentes pensamentos que somos capazes de ter — supera o número de partículas em todo o universo conhecido.

Da mesma forma, você poderá compreender como todas as canções que ouvimos ao longo da vida — assim como as que ainda serão compostas — podem ser constituídas de apenas 12 notas musicais (ignorando as oitavas). Cada nota pode encaminhar-se para uma outra, voltar para si mesma ou repousar, o que gera 12 possibilidades. Mas cada uma dessas possibilidades gera mais 12. Se incluirmos também o ritmo como fator — cada nota pode ter diferentes durações —, o número de possibilidades aumenta muito, muito rapidamente.

Grande parte da capacidade de computação do cérebro decorre dessa enorme possibilidade de interconexão, do fato de que o cérebro é uma máquina de processamento paralelo, e não seriado. Um processador seriado é como uma linha de montagem, manuseando cada informação à medida que passa pela esteira em movimento, executando alguma alteração nela e encaminhando-a para a operação seguinte. É assim que funcionam os computadores. Determine ao computador que baixe uma canção encontrada num site, que informe como está o tempo em Boise e que salve um arquivo no qual você estava trabalhando, e ele cumprirá uma tarefa por vez; ele opera com tanta rapidez que pode parecer que está fazendo tudo ao mesmo tempo — paralelamente —, mas não é assim. O cérebro, por outro lado, é capaz de trabalhar em muitas coisas ao

mesmo tempo, com sobreposição e paralelismo. É assim que nosso sistema auditivo processa o som: ele não precisa esperar até descobrir a altura de um som para saber de onde procede; os circuitos neurais empenhados nessas duas operações estão simultaneamente tentando fornecer as respostas. Se um circuito neural conclui sua tarefa antes de outro, limita-se a enviar sua informação a outras regiões cerebrais conectadas, que podem começar a usá-la. Se alguma informação capaz de afetar a interpretação do que estamos ouvindo chega tardiamente, proveniente de um circuito separado de processamento, o cérebro é capaz de "mudar de ideia" e atualizar o que pensa ter pela frente. Nosso cérebro está permanentemente atualizando suas opiniões — especialmente quando se trata de perceber estímulos visuais e auditivos —, centenas de vezes por segundo, e nem sequer sabemos disto.

Vamos aqui estabelecer uma analogia para mostrar como os neurônios se conectam uns aos outros. Imagine que você está sentado em casa sozinho numa manhã de domingo. Você não sabe muito bem como se sente: não está particularmente feliz nem particularmente triste, não se sente zangado, empolgado, enciumado ou tenso. Sente-se mais ou menos neutro. Tem muitos amigos, que formam uma verdadeira rede, e pode telefonar para qualquer um deles. Digamos que cada um desses amigos seja algo unidimensional e que todos eles sejam capazes de exercer grande influência em seu estado de ânimo. Você sabe, por exemplo, que se telefonar para sua amiga Hannah, ela o deixará feliz. Sempre que conversa com Sam ele o deixa triste, pois vocês tinham um amigo comum que morreu, e Sam faz com que você se lembre dele. Conversar com Clara o deixa calmo e sereno, pois ela tem uma voz suave que o faz recordar a época em que se acomodava com ela numa linda clareira na floresta para tomar sol e meditar. Falar com Edward o faz sentir-se animado; conversar com Tammy o deixa tenso. Você pode pegar o telefone, falar com qualquer desses amigos e induzir determinada emoção.

Você poderia ter centenas ou milhares desses amigos unidimensionais, cada um deles capaz de evocar determinada lembrança, experiência ou estado de espírito. São as suas conexões. Se você decidisse conversar ao mesmo tempo com Hannah e Sam, ou com um depois do outro, Hannah

o deixaria alegre, Sam o deixaria triste, e no fim você estaria de volta ao ponto de partida: neutro. Mas podemos acrescentar uma outra nuance, que vem a ser o peso ou a influência dessas conexões: o grau de proximidade em relação a um indivíduo em certo momento, que determina o peso que a pessoa exercerá sobre você. Se você se sentir duas vezes mais próximo de Hannah que de Sam, o fato de conversar com cada um dos dois pelo mesmo período de tempo ainda o deixará feliz, embora não tanto quanto se tivesse conversado apenas com Hannah — a tristeza de Sam o puxará para baixo, mas só até o meio caminho da felicidade que adquiriu conversando com Hannah.

Digamos que todas essas pessoas possam conversar umas com as outras, e ao fazerem isso o estado de ânimo de cada uma delas seja de alguma maneira alterado. Embora sua amiga Hannah tenha uma predisposição para a alegria, isso pode ser atenuado por uma conversa com o triste Sam. Se você telefonar para o ativo Edward logo depois de ele ter uma conversa com a tensa Tammy (que acaba de conversar com a ciumenta Justine), é possível que ele o leve a passar por uma combinação de emoções nunca antes experimentada, uma espécie de tenso ciúme sobre o qual você se sentirá fortemente compelido a fazer alguma coisa. E qualquer desses amigos pode telefonar para você a qualquer momento, evocando seu próprio estado de ânimo em você na forma de uma complexa cadeia de sentimentos ou experiências, suscitando influências recíprocas, ao passo que você também deixará sua marca emocional neles. Estabelecidas essas conexões entre milhares de amigos, enquanto uma verdadeira bateria de telefones toca o dia inteiro na sua sala, seria realmente bastante variado o espectro de estados emocionais que você experimentaria.

É consensual que pensamentos e lembranças derivam da infinidade de conexões desse tipo efetuadas por nossos neurônios. Mas nem todos os neurônios apresentam o mesmo grau de atividade ao mesmo tempo — o que provocaria uma cacofonia de imagens e sensações em nossa cabeça (na verdade, é o que acontece na epilepsia). Certos grupos de neurônios — podemos referir-nos a eles como uma rede — tornam-se ativos no decurso de determinadas atividades cognitivas, podendo, por

sua vez, ativar outros neurônios. Quando dou uma topada com o pé, os receptores sensoriais da região enviam sinais para o córtex sensorial no cérebro, o que desencadeia uma série de ativações neurais que me fazem sentir dor e afastar o pé do objeto no qual tropecei, o que pode me levar a abrir a boca involuntariamente e gritar "&%@!".

Quando ouço a buzina de um carro, as moléculas de ar que vão de encontro ao meu tímpano fazem com que sinais elétricos sejam enviados ao meu córtex auditivo e é provocada uma cascata de fenômenos que mobiliza um grupo de neurônios muito diferentes dos que são ativados quando damos um tropeção. Primeiramente, os neurônios do córtex auditivo processam a altura do som, para que possamos distinguir a buzina do carro de alguma outra sonoridade de altura diferente, como a buzina de um caminhão ou o barulho de uma torcida de futebol. Um outro grupo de neurônios é ativado para determinar a localização de onde procede o som. Esses e outros processos suscitam uma reação de orientação visual: volto-me na direção do som para ver o que o produziu e, se necessário, recuo instantaneamente (resultado da atividade dos neurônios do córtex motor, orquestrada com a daqueles em meu centro emocional, a amígdala, dizendo-me que o perigo é iminente).

Quando ouço o "Concerto para Piano nº 3", de Rachmaninov, as células ciliadas na minha cóclea separam os sons em diferentes faixas de frequência, enviando sinais elétricos ao meu córtex auditivo primordial — área A1 — para informar quais delas estão presentes no sinal. Outras regiões do lobo temporal, entre elas o sulco temporal superior e o giro temporal superior de ambos os lados do cérebro, ajudam na distinção dos diferentes timbres que ouvimos. Se eu quiser dar nomes a esses timbres, o hipocampo ajuda a recuperar a memória de sons semelhantes que eu já tenha ouvido, e terei então de dar busca no meu dicionário mental — para o que será necessário recorrer a estruturas que se encontram na convergência entre os lobos temporal, occipital e parietal. Até aqui, estamos tratando das mesmas regiões que eu mobilizaria para processar a buzina do carro, apesar de ativadas de formas diferentes e com populações de neurônios diversas. Entretanto, populações completamente novas de neurônios serão ativadas à medida que eu for processando

sequências de alturas (córtex pré-frontal dorsilateral e áreas Brodmann 44 e 47), ritmos (o cerebelo lateral e o vérmis cerebelar) e emoções (lobos frontais, cerebelo, amígdala e o núcleo acumbente — parte de uma rede de estruturas envolvidas em sensações de prazer e recompensa, seja por meio da ingestão de alimentos, do sexo ou do contato com música agradável).

Em certa medida, se o ambiente estiver vibrando com as sonoridades profundas do contrabaixo, alguns daqueles mesmos neurônios disparados quando dei o tropeção podem ser ativados também — neurônios sensíveis aos estímulos táteis. Se a buzina do carro tiver uma altura de Lá 440, os neurônios preparados para disparar quando se manifestar essa frequência muito provavelmente o farão, bem como voltarão a fazê-lo quando a frequência de Lá 440 ocorrer em Rachmaninov. Mas minha experiência mental interior provavelmente será diferente, em virtude dos contextos e das redes neurais mobilizadas nos dois casos.

Em relação a oboés e violinos o processo pode ser diferente, e a maneira própria como Rachmaninov os utiliza pode fazer com que, ouvindo seu concerto, eu tenha uma reação oposta à suscitada pela buzina do carro; em vez de ficar alarmado, me sinto relaxado. Os mesmos neurônios que são disparados quando me sinto tranquilo e seguro em meu ambiente podem ser disparados pelos trechos repousantes do concerto.

Com a experiência, aprendi a associar buzinas de carro a perigo ou pelo menos a alguém que está tentando chamar minha atenção. Como isso se deu? Certos sons são intrinsecamente tranquilizantes, ao passo que outros são assustadores. Embora seja muito grande a variação de pessoa para pessoa, todos nascemos com uma predisposição para interpretar os sons de determinadas maneiras. Os sons bruscos, breves e altos tendem a ser interpretados por muitos animais como sinal de alerta; é o que podemos constatar comparando os gritos de alerta emitidos por pássaros, roedores e macacos. Os sons longos, mais suaves e que surgem aos poucos costumam ser considerados tranquilizantes ou pelo menos neutros. Compare, por exemplo, o agudo latido de um cão com o manso ronronar de um gato tranquilamente acomodado em seu colo. Os compositores, naturalmente, sabem disso e se valem de centenas de sutis

nuances de timbre e duração das notas para transmitir os variados matizes emocionais da experiência humana.

Na "Sinfonia Surpresa" de Haydn (Sinfonia nº 94 em sol maior, segundo movimento, andante), o compositor vai criando suspense com a utilização de uma sonoridade suave de violinos no tema principal. A suavidade tem um efeito tranquilizante, mas a brevidade do acompanhamento em *pizzicato* manda sutilmente uma mensagem contraditória de perigo, resultando do conjunto uma leve sensação de suspense. A ideia melódica principal mal chega a superar o âmbito de meia oitava, com uma quinta justa. A linha melódica reforça ainda mais o clima de serenidade: a melodia faz um movimento ascendente, desce e em seguida repete o motivo "para cima". Prosseguindo com as suaves e delicadas notas dos violinos, o maestro altera a melodia num movimento ascensional — muito ligeiro —, mas mantém constantes os ritmos. E repousa na quinta, um som relativamente estável do ponto de vista harmônico. Como a quinta é a nota mais alta que ouvimos até agora, achamos que a nota seguinte será mais baixa, dando início à volta para casa (para a tônica) e preenchendo a defasagem gerada pela distância entre a tônica e a atual nota — a quinta. De repente, do nada, Haydn deflagra em forte intensidade uma nota uma oitava acima, nas sonoridades insolentes de trompas e tímpanos, contrariando ao mesmo tempo nossas expectativas de direção e contorno melódicos, timbre e volume. É a "surpresa" da "Sinfonia Surpresa".

Essa sinfonia vai de encontro a nossas expectativas sobre o funcionamento do mundo. Até mesmo uma pessoa sem conhecimento ou expectativas musicais de qualquer natureza sente o efeito surpresa em virtude da brusca mudança nos timbres, passando do suave murmúrio dos violinos para o brado de alerta das trompas acompanhadas dos tímpanos. No caso de uma pessoa com formação musical, a sinfonia vai de encontro a expectativas formadas com base em convenções e estilos musicais. Onde surpresas, expectativas e análises desse tipo se manifestam no cérebro? Ainda hoje é um mistério a maneira como essas operações são efetuadas pelos neurônios, mas já temos algumas indicações nesse sentido.

*

Antes de prosseguir, devo confessar um viés em minha abordagem do estudo científico desse campo: tenho acentuada preferência pelo estudo da mente sobre o do cérebro. Em certa medida, tal preferência é antes pessoal que profissional. Na infância, eu não colecionava borboletas, como os colegas da classe de ciências, pois a vida — em todas as suas formas — me parece sagrada. E a dura verdade no que diz respeito à pesquisa cerebral ao longo do último século é que, em geral, ela requer interferências diretas no cérebro de animais vivos, não raro nossos mais próximos primos genéticos, os macacos, para em seguida matá-los (chamando este ato de "sacrifício"). Trabalhei com macacos em um laboratório durante um doloroso semestre, dissecando o cérebro dos animais mortos para prepará-los para os exames microscópicos. Diariamente, tinha de passar pelas jaulas dos que ainda estavam vivos. E tinha pesadelos.

Por outro lado, os pensamentos propriamente ditos sempre me fascinaram mais que os neurônios que lhes dão origem. Uma teoria da ciência cognitiva chamada funcionalismo — adotada por muitos pesquisadores eminentes — sustenta que cérebros muito diferentes podem dar origem a mentes semelhantes, que o cérebro não passa de uma coleção de fios e módulos de processamento que consubstanciam o pensamento. Tenha fundamento ou não, o fato é que a doutrina funcionalista indica que nossas possibilidades de conhecer o pensamento apenas pelo estudo do cérebro são limitadas. Um neurocirurgião certa vez disse a Daniel Dennett (um persuasivo porta-voz do funcionalismo) que havia operado centenas de pessoas e visto centenas de cérebros vivos e pensantes, mas nunca tinha visto um pensamento.

Na época em que tentava escolher um curso de pós-graduação e um orientador, fiquei encantado com o trabalho do professor Michael Posner, um pioneiro em algumas formas de estudo dos processos mentais, entre elas a cronometria mental (a ideia de que é possível aprender muita coisa sobre a organização da mente medindo o tempo necessário para produzir certos pensamentos), a investigação da estrutura de categorias e o famoso Paradigma de Posner, um novo método de estudo da atenção. No entanto, corria o boato de que Posner estava deixando de lado a mente para começar a estudar o cérebro, algo que eu certamente não queria fazer.

Embora ainda estivesse me formando (apesar de em uma idade mais avançada que a habitual), compareci à reunião anual da Associação Psicológica Americana, realizada naquele ano em São Francisco, a pouco mais de 60 km de Stanford, onde eu concluía meus estudos. Vi que o nome de Posner constava da programação e assisti à sua palestra, ilustrada com imagens de cérebros humanos obtidas durante atividades corriqueiras das pessoas. Concluída a exposição, ele respondeu a algumas perguntas e desapareceu pela porta traseira. Saí correndo atrás dele e o vi já bem distante, atravessando apressado o centro de conferências para dar uma outra palestra. Consegui alcançá-lo, e deve ter sido para ele uma cena e tanto! Eu estava completamente sem fôlego depois da corrida. Mesmo sem levar em conta a respiração ofegante, contudo, eu estava muito nervoso por encontrar uma das lendas vivas da psicologia cognitiva. Tinha lido seu manual em minha primeira classe de psicologia no MIT (onde iniciei minha formação, antes de me transferir para Stanford); minha primeira professora de psicologia, Susan Carey, falava dele num tom que só podia ser considerado de reverência. Ainda posso ouvir suas palavras reverberando pelo salão de conferências do MIT: "Michael Posner, uma das pessoas mais inteligentes e criativas que conheci."

Comecei a suar, abri a boca e... nada. Comecei a grunhir: "Mmm..." Esse tempo todo, caminhávamos rapidamente lado a lado — ele é capaz de andar muito depressa —, e a cada dois ou três passos eu ia ficando para trás. Consegui gaguejar uma introdução e expliquei que tinha solicitado matrícula na Universidade de Oregon para estudar com ele. Eu nunca tinha gaguejado antes, mas nunca tinha ficado tão nervoso. "P-p-p-professor P-p-posner, ouvi dizer que o senhor mudou seu foco de pesquisa completamente para o c-c-cérebro — é verdade? Eu gostaria muito de estudar psicologia cognitiva com o senhor", consegui dizer finalmente.

"Sim, é verdade que estou mais ou menos interessado no cérebro atualmente", respondeu ele. "Mas considero a neurociência cognitiva uma maneira de delimitar nossas teorias na psicologia cognitiva. Ela nos ajuda a distinguir se um modelo conta com bases plausíveis na anatomia."

Muita gente chega à neurociência depois de uma formação em biologia ou química, dirigindo a atenção sobretudo para os mecanismos por

meio dos quais as células se comunicam. Para o neurocientista cognitivo, o entendimento da anatomia ou da fisiologia do cérebro pode ser um exercício intelectual estimulante (o equivalente, para os cientistas do cérebro, a um problema de palavras cruzadas realmente complicado), mas não é o objetivo último do trabalho. Nosso objetivo é entender os processos mentais, as lembranças, emoções e experiências, e o cérebro é apenas o local em que tudo isso acontece. Retomando a analogia do telefone e das conversas que você pode ter com diversos amigos: se eu quiser prever como você se sentirá amanhã, não terá muita importância para mim mapear todo o esquema das linhas telefônicas pelas quais você se liga às outras pessoas. Mais importante será entender os pendores pessoais de cada uma delas: Quem poderá telefonar para você amanhã e o que poderá dizer? Como essas pessoas poderão fazê-lo sentir-se? Naturalmente, também seria um erro ignorar completamente a questão da conectividade. Se uma linha estiver interrompida, se não houver indicações de alguma ligação entre a pessoa A e a pessoa B, ou ainda se a pessoa C não tiver como lhe telefonar diretamente, só podendo influenciá-lo por intermédio da pessoa A, que fala diretamente com você — todas essas informações constituem delimitações importantes no caminho de uma hipótese.

Essa perspectiva influencia a forma como estudo a neurociência cognitiva da música. Não estou preocupado em explorar todos os possíveis estímulos musicais para descobrir onde ocorrem no cérebro; Posner e eu conversamos muitas vezes sobre o atual frenesi de mapeamento do cérebro, um movimento de mera cartografia avessa à teorização. O que importa, para mim, não é desenvolver um mapa do cérebro, mas entender como ele funciona, como são coordenadas as atividades nas regiões, de que maneira o simples disparar de neurônios e o vaivém dos neurotransmissores leva aos pensamentos, ao riso, a sentimentos de profunda alegria e tristeza, e como é que tudo isso, por sua vez, pode nos levar a criar obras de arte expressivas e perenes. São essas as funções da mente, e não me interessa saber onde elas ocorrem, a menos que a localização nos possa instruir sobre o como e o porquê. E um dos pressupostos da neurociência cognitiva é de que isso é possível.

Minha perspectiva é que, no universo infinito das experiências que podem ser feitas, as que realmente valem a pena são as suscetíveis de nos levar a um melhor entendimento do como e do porquê. Uma experiência valiosa tem motivação teórica e faz previsões claras, num universo de duas ou mais hipóteses, sobre qual será corroborada. Uma experiência que tenda a corroborar os dois lados de uma questão polêmica não vale realmente a pena; a ciência só pode avançar pela eliminação de hipóteses falsas ou insustentáveis.

Outra qualidade de uma boa experiência é ser passível de generalização a outras condições — pessoas que não foram observadas, tipos de música que não foram estudados e toda uma série de situações. Grande parte das pesquisas comportamentais é efetuada com uma quantidade pequena de pessoas ("sujeitos" da experiência) e com estímulos muito artificiais. Em meu laboratório, sempre que possível usamos tanto músicos quanto não músicos, para aprender sobre o espectro mais amplo possível de pessoas. E quase sempre usamos músicas do mundo real, gravações já lançadas de músicos de carne e osso, para melhor entendermos a reação do cérebro aos tipos de música que a maioria das pessoas ouve, e não àqueles que só são encontrados nos laboratórios neurocientíficos. Até o momento esse método tem surtido efeito. Com ele, é mais difícil exercer um controle experimental rigoroso, mas não é impossível; torna-se necessário um pouco mais de planejamento e cuidado na preparação, mas a longo prazo os resultados compensam. Com a utilização dessa abordagem naturalista, posso afirmar com razoável grau de certeza científica que estamos estudando o cérebro enquanto funciona normalmente, em vez de reagindo à investida de ritmos sem altura ou melodias sem ritmo. Na tentativa de decompor os diferentes elementos constituintes da música, corremos o risco — se as experiências não forem realizadas de maneira adequada — de criar sequências sonoras nada musicais.

Quando afirmo que me interesso mais pela mente, não quero dizer que não tenho interesse algum pelo cérebro. Sei que ele é importante! Mas também sei que é possível que arquiteturas cerebrais diferentes levem a pensamentos semelhantes. Por analogia, posso assistir ao mesmo programa de televisão num aparelho RCA, Zenith ou Mitsubishi, bem

como na tela do meu computador, desde que disponha do hardware e do software adequados. As arquiteturas de todos esses aparelhos são suficientemente distintas umas das outras para que o escritório de patentes — instituição responsável por decidir se algo é suficientemente diferente de outro elemento para constituir uma invenção — tenha outorgado patentes diferentes a essas várias empresas, estabelecendo que as arquiteturas de base são significativamente diferentes. O meu cão, Shadow, tem uma organização cerebral, uma anatomia e uma neuroquímica muito diferentes das minhas. Quando está com fome ou machuca a pata, é improvável que o padrão de disparos nervosos em seu cérebro tenha muita semelhança com o padrão de disparos no meu cérebro quando estou com fome ou dou um tropeção. Mas eu efetivamente acredito que, essencialmente, ele experimenta estados mentais semelhantes.

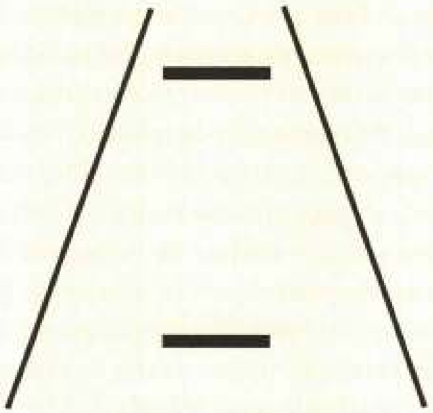
Devemos aqui descartar certos equívocos e ilusões mais correntes. Muitas pessoas, até mesmo cientistas de outras disciplinas, têm a forte impressão de que no interior do cérebro se encontra uma representação estritamente isomórfica do mundo que nos cerca. (*Isomórfico* vem da palavra grega *iso*, que significa "igual", "mesmo", e de *morphus*, que significa "forma".) Os psicólogos da gestalt, que acertaram em tantas coisas, foram dos primeiros a articular essa ideia. Quando vemos um quadrado, diziam eles, ativa-se em nossos cérebro um padrão de neurônios em forma quadrada. Muitos de nós temos a intuição de que, ao olharmos para uma árvore, sua imagem é representada em algum lugar do cérebro como uma árvore, e que talvez o fato de ver a árvore ative um conjunto de neurônios em forma de árvore, com raízes numa extremidade e folhas na outra. Quando ouvimos ou mentalizamos uma canção de que gostamos muito, é como se ela estivesse sendo tocada em nossa cabeça por meio de alto-falantes neurais.

Daniel Dennett e V. S. Ramachandran argumentaram de maneira convincente que existe um problema nessa intuição. Se a imagem mental de alguma coisa (seja ela vista neste exato momento ou imaginada na memória) constitui em si mesma uma imagem, tem de haver em nossa mente/cérebro alguma parte que esteja vendo essa imagem. Dennett refere-se à ideia de que as cenas visuais são apresentadas numa espécie de tela ou

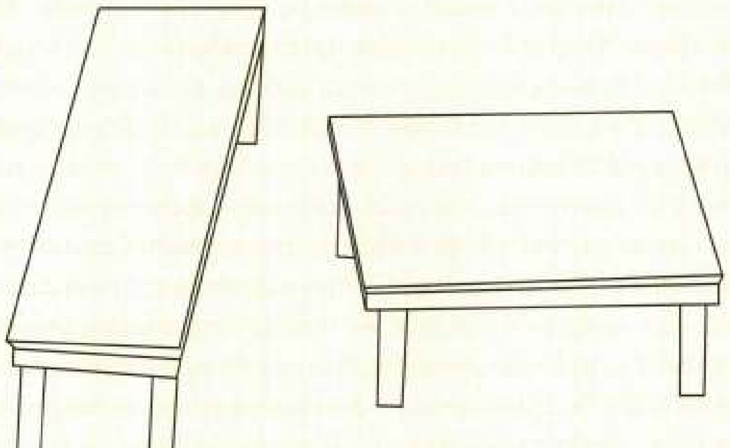
teatro em nossa mente. Para que assim fosse, teria de haver na plateia do teatro alguém olhando para a tela e sustentando uma imagem mental dentro da cabeça. E quem seria essa pessoa? Como seria essa imagem mental? Logo entramos, aqui, num processo de infinito retrocesso. O mesmo argumento se aplica aos fenômenos auditivos. Ninguém está dizendo que não exista realmente a sensação de que temos um sistema de áudio dentro de nossa mente. Como somos capazes de manipular imagens mentais — podemos fazer um movimento de zoom sobre elas, girá-las, no caso da música podemos acelerar ou retardar a canção em nossa cabeça —, somos levados a pensar que existe um home theater na mente. Mas é lógico que assim não pode ser, em virtude do problema do retrocesso infinito.

Também temos a ilusão de que simplesmente abrimos os olhos e vemos. Um passarinho canta do lado de fora da janela, e imediatamente nós ouvimos. É com tanta rapidez e de maneira tão imperceptível que a percepção sensorial cria imagens em nossa mente — representações do mundo fora de nossa cabeça — que parece que vieram do nada. Mas isso é uma ilusão. Nossas percepções são o produto final de uma longa série de fenômenos neurais que nos dão a ilusão de uma imagem instantânea. São muitos os terrenos em que nossas intuições mais fortes nos enganam. O planeta plano é um exemplo. Outro é o da intuição de que nossos sentidos nos fornecem uma visão fiel do mundo.

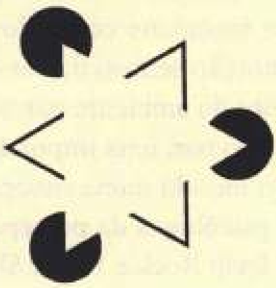
Pelo menos desde a época de Aristóteles sabemos que nossos sentidos podem distorcer a maneira como percebemos o mundo. Meu professor Roger Shepard, psicólogo da percepção na Universidade de Stanford, costumava dizer que nosso sistema perceptivo, quando funciona bem, deve distorcer o mundo que vemos e ouvimos. Como observou John Locke, tudo o que sabemos a respeito do mundo nos chega por meio do que vemos, ouvimos, cheiramos, tocamos ou saboreamos. Naturalmente partimos do princípio de que o mundo é exatamente como o percebemos. Mas certas experiências nos obrigaram a encarar a realidade de que isso não é verdade. As ilusões visuais talvez sejam a prova mais cabal da distorção sensorial. Muitos de nós tivemos esse tipo de ilusão na infância, como quando duas linhas de igual comprimento parecem ter comprimentos diferentes (a chamada ilusão de Ponzo).



Roger Shepard demonstrou uma ilusão semelhante à ilusão de Ponzo, dando-lhe o nome de “Rotação das Mesas”. Custa crer, mas os tampos dessas mesas são idênticos em tamanho e forma (você pode conferir recortando um pedaço de papel ou celofane na forma exata de um deles para depois colocá-lo sobre o outro). Essa ilusão explora um princípio dos mecanismos de percepção em profundidade do nosso sistema visual. O fato de sabermos que se trata de uma ilusão não é suficiente para que o mecanismo seja desativado. Por mais que olhemos para essa ilustração, a surpresa persiste, pois, na verdade, nosso cérebro está nos transmitindo informações erradas sobre os objetos.



Na ilusão Kaniza, parece haver um triângulo branco sobre outro de contorno preto. Mas se olharmos atentamente, veremos que não existem triângulos na figura. Nosso sistema perceptivo completa ou "preenche" a imagem com informações que não estão presentes.



Por que ele funciona dessa maneira? A hipótese mais verossímil aponta na direção de uma adaptação evolutiva. Em grande parte do que vemos e ouvimos faltam informações. Nossos antepassados caçadores-coletores talvez pudessem ver um tigre parcialmente ocultado por árvores ou ouvir o rugido de um leão em parte encoberto pelo som de folhas balançando ao vento muito mais perto de nós. Os sons e as imagens frequentemente nos chegam como informações parciais obscurecidas por outros elementos do ambiente. Um sistema perceptivo capaz de restabelecer informações faltantes nos ajudaria a tomar decisões rápidas em situações de perigo. É melhor começar a correr já do que ficar tentando decidir se aqueles dois sons separados e incompletos fazem parte do mesmo rugido.

O sistema auditivo tem sua própria versão da completude perceptiva. O psicólogo cognitivo Richard Warren demonstrou isso de maneira particularmente bem-sucedida. Ele gravou uma frase — "A lei foi aprovada em ambas as casas do parlamento" — e cortou um trecho da fita gravada, substituindo-o por um estouro de ruído estático de igual duração. Quase todas as pessoas às quais a gravação alterada foi apresentada disseram ter ouvido as duas coisas, a frase e a estática. Mas uma grande

proporção delas não foi capaz de dizer em que ponto estava a estática! O sistema auditivo havia preenchido a informação faltante da fala, de maneira que a frase parecia ininterrupta. A maioria das pessoas afirmou que havia estática, mas que ela ocorria paralelamente à frase falada. A estática e a frase formavam fluxos perceptivos separados em decorrência de diferenças tímbricas que as faziam agrupar-se separadamente; Bregman refere-se a esse fenômeno como fluxo tímbrico. Trata-se evidentemente, de uma distorção sensorial; nosso sistema perceptivo está nos dizendo algo a respeito do ambiente que não é verdadeiro. Mas não parece menos claro que isso tem uma importância evolutiva/adaptativa se nos ajuda a entender o mundo numa situação de risco de vida.

Segundo os grandes psicólogos da percepção Hermann von Helmholtz, Richard Gregory, Irvin Rock e Roger Shepard, a percepção é um processo de inferência e envolve uma análise de probabilidades. A função do cérebro consiste em determinar qual é a disposição mais provável dos objetos no mundo físico, considerado-se o padrão de informação captado pelos receptores sensoriais — a retina no caso da visão, o tímpano no caso da audição. Quase sempre as informações que recebemos por meio de nossos receptores sensoriais são incompletas ou ambíguas. Vozes misturam-se a outras, aos sons de máquinas, do vento, de passos. Onde quer que você esteja — num avião, numa cafeteria, numa livraria, em casa, num parque ou em qualquer outro lugar —, pare e ouça os sons ao seu redor. A menos que esteja numa câmara de isolamento sensorial, provavelmente identificará pelo menos seis sons diferentes. Sua capacidade cerebral de proceder a essas identificações é simplesmente notável se considerarmos os elementos com os quais conta de partida, vale dizer, o que lhe passam os receptores sensoriais. Os princípios de agrupamento — por timbre, localização, volume e assim por diante — ajudam a segregá-los, mas ainda há muito que não sabemos a respeito desse processo; até agora ninguém foi capaz de conceber um computador capaz de desempenhar a separação das fontes sonoras.

O tímpano é simplesmente uma membrana estirada sobre tecido e ossos. É o portão de entrada da audição. Praticamente todas as nossas impressões do mundo auditivo provêm da maneira como ele oscila para

a frente e para trás em reação às moléculas de ar que o atingem. (Em certa medida, os pavilhões auriculares — as partes carnosas do ouvido — também participam da percepção auditiva, assim como os ossos do crânio, mas basicamente os tímpanos são a fonte primordial de tudo o que sabemos sobre o mundo auditivo.) Tomemos uma situação auditiva típica: uma pessoa sentada na sala de sua casa lendo um livro. Suponhamos que existam nesse ambiente seis fontes sonoras facilmente identificáveis: o ruído sibilante do aquecimento central (o ventilador que movimenta o ar pelos dutos), o leve ronco da geladeira na cozinha, o trânsito na rua (que, por sua vez, pode abranger vários sons distintos, até dezenas deles, envolvendo diferentes motores, ranger de freios etc.), folhas balançando ao vento lá fora, um gato ronronando na cadeira ao lado e uma gravação dos Prelúdios de Debussy. Cada uma das fontes pode ser considerada um objeto auditivo ou fonte sonora, e somos capazes de identificá-las pois têm sonoridades características.

O som é transmitido pelo ar por moléculas que vibram em determinadas frequências, as quais bombardeiam o tímpano, fazendo-o oscilar de acordo com a força com que é atingido (relacionada ao volume ou amplitude do som) e com a rapidez de sua vibração (relacionada ao que chamamos de altura). Mas nada nessas moléculas informa ao tímpano de onde procedem ou a quais objetos estão associadas. As moléculas postas em movimento pelo ronronar do gato não trazem uma etiqueta com a palavra "gato" e podem chegar ao tímpano ao mesmo tempo e no mesmo ponto que os sons da geladeira, do aquecedor, de Debussy e todo o resto.

Suponha que você estique uma fronha na borda de um balde e várias pessoas comecem a jogar bolas de pingue-pongue nela de distâncias diferentes. Cada pessoa pode jogar quantas bolas quiser, o número de vezes que desejar. Sua missão consiste em adivinhar, simplesmente observando o movimento da fronha para cima e para baixo, quantas pessoas estão atirando bolas, quem são elas, se estão se afastando ou se aproximando de você ou se estão paradas. Isto é algo análogo ao que o sistema auditivo precisa fazer para identificar os objetos auditivos, valendo-se apenas do movimento do tímpano. Como o cérebro, a partir dessa desorganiza-

da mistura de moléculas indo de encontro a uma membrana, pode ter uma representação do que existe lá fora? Em particular, como o faz no caso da música?

Tudo acontece por meio de um processo de extração de características, seguido de um outro de integração das características. O cérebro extrai da música informações básicas, em nível baixo, valendo-se de redes neurais especializadas que decompõem o sinal em altura, timbre, localização, intensidade, reverberação ambiente, durações sonoras e ataque — ou início — das diferentes notas (e dos componentes dos sons). Essas operações são realizadas paralelamente por circuitos neurais que computam esses valores e são capazes de, em certa medida, funcionar independentemente uns dos outros — ou seja, o circuito da altura não precisa esperar que o circuito da duração se complete para efetuar seus cálculos. Esse tipo de processamento — no qual só a informação contida nos estímulos é levada em conta pelos circuitos neurais — é chamado de processamento de baixo para cima. No mundo e no cérebro, esses atributos da música podem ser separados; podemos alterar um sem modificar o outro, assim como podemos mudar a forma de objetos visuais sem transformar sua cor.

O processamento de elementos básicos em nível baixo, de baixo para cima, ocorre nas partes periféricas e filogeneticamente mais velhas do nosso cérebro; a expressão *em nível baixo* refere-se à percepção de atributos fundamentais que alicerçam um estímulo sensorial. O processamento em nível alto ocorre em partes mais sofisticadas do cérebro que recebem projeções neurais dos receptores sensoriais e de certo número de unidades de processamento em nível baixo; isso envolve a combinação de elementos de nível baixo numa representação integrada. O processamento em nível alto é onde tudo converge, onde nossa mente formula uma compreensão da forma e do conteúdo. O processamento em nível baixo permite ver pingos de tinta nesta página e talvez até lhe permita reunir esses pingos e reconhecer uma forma básica em seu vocabulário visual; por exemplo, a letra *A*. Mas é o processamento em nível alto que junta quatro letras para que você possa ler a palavra "arte" e gerar uma imagem mental de seu significado.

Enquanto a extração de características está ocorrendo na cóclea, no córtex auditivo, no tronco cerebral e no cerebelo, os centros de mais alto nível do cérebro estão recebendo um constante fluxo de informações sobre o que foi extraído até agora; essa informação é constantemente atualizada, reformulando as informações anteriores. Enquanto nossos centros de pensamento mais elevado — situados em sua maioria no córtex frontal — recebem essas atualizações, estão trabalhando com afinco no sentido de prever o que virá em seguida, com base em vários fatores:

- o que já foi ouvido anteriormente na peça musical;
- aquilo que sabemos que ainda virá, quando já conhecemos a música;
- o que esperamos que venha em seguida, se o gênero ou o estilo for conhecido, com base em experiências anteriores desse estilo de música;
- qualquer informação adicional que tenhamos recebido, como um texto que tenhamos lido sobre a música, um movimento súbito de um dos músicos ou um gesto da pessoa sentada ao lado.

Esses cálculos do lobo frontal são chamados de processamento de cima para baixo e podem influenciar os módulos de nível mais baixo enquanto efetuam suas computações. As expectativas de cima para baixo podem levar-nos a uma percepção errônea das coisas, reconfigurando alguns dos circuitos dos processadores de baixo para cima. Isso faz parte da base neural da completude perceptiva e outras ilusões.

Os processos de cima para baixo e de baixo para cima estão constantemente trocando informações. Ao mesmo tempo que as características estão sendo analisadas individualmente, partes do cérebro situadas mais acima — ou seja, mais avançadas do ponto de vista filogenético e que recebem conexões das regiões cerebrais inferiores — estão trabalhando para integrar essas características num todo perceptivo. Com base nessas informações, o cérebro constrói uma representação da realidade, mais ou menos como uma criança constrói um forte com peças Lego. Nesse processo, o cérebro faz algumas inferências, necessárias por causa do caráter incompleto ou ambíguo de certas informações; às vezes elas re-

velam-se erradas, e é aí que temos as ilusões visuais e auditivas: demonstrações de que nosso sistema perceptivo conjeturou incorretamente sobre o que vai lá fora no mundo.

O cérebro enfrenta três dificuldades ao tentar identificar os objetos auditivos que encontramos. Em primeiro lugar, a informação que chega aos receptores sensoriais é indiferenciada. Em segundo lugar, é ambígua: objetos diferentes podem originar padrões semelhantes ou idênticos de ativação no tímpano. Em terceiro lugar, a informação raramente é completa. O som pode estar parcialmente encoberto por outros ou mesmo perdido. O cérebro precisa calcular uma suposição sobre o que realmente está chegando. E o faz com muita rapidez e em geral no subconsciente. As ilusões de que tratamos anteriormente, assim como essas operações perceptivas, não são objeto de nossa consciência. Posso assegurar-lhe, por exemplo, que é a completude perceptiva o motivo pelo qual você vê triângulos onde não existem na figura Kaniza. Entretanto, mesmo depois de conhecermos os princípios envolvidos, é impossível neutralizá-los. O cérebro continua processando as informações da mesma forma, e continuamos a nos surpreender com o resultado.

Helmholtz chamava esse processo de "inferência inconsciente". Rock falava de "lógica da percepção". George Miller, Ulrich Neisser, Herbert Simon e Roger Shepard consideram a percepção um "processo construtivo". Todas são formas de dizer que aquilo que vemos e ouvimos é o final de uma longa cadeia de fenômenos mentais que dão origem a uma impressão, a uma imagem mental do mundo físico. Muitas das formas de funcionamento do cérebro — entre elas os sentidos da cor, do paladar, do olfato e da audição — desenvolveram-se por pressões evolutivas, algumas das quais já não existem. O psicólogo cognitivo Steven Pinker e outros postularam que nosso sistema de percepção musical era essencialmente um acidente evolutivo, e que as pressões ligadas à sobrevivência e à seleção sexual criaram uma linguagem e um sistema de comunicação que aprendemos a explorar com finalidades musicais. Esse é um tema polêmico no mundo da psicologia cognitiva. Os levantamentos arqueológicos nos forneceram algumas pistas, mas raramente produzem uma "prova cabal" que resolva definitivamente questões desse tipo. O fenô-

meno de remate ou preenchimento que acabo de escrever não é apenas uma curiosidade de laboratório; os compositores também exploram esse princípio, sabendo que nossa percepção de uma linha melódica terá prosseguimento, ainda que parte dela seja obscurecida por outros instrumentos. Sempre que ouvimos as notas mais graves do piano ou do contrabaixo, não estamos efetivamente ouvindo 27,5 ou 35 Hz, pois esses instrumentos caracterizam-se pela incapacidade de produzir grande dose de energia nessas frequências ultrabaixas: nossos ouvidos completam a informação, dando-nos na ilusão de que o som é grave.

Existem ainda outras manifestações da ilusão na música. Em obras para piano como "The Rustle of Spring", de Sindig, ou a "Fantasia-Improviso" em fá sustenido menor op. 66 de Chopin, as notas correm tão rápidas que se ouve uma melodia ilusória. Quando a peça é tocada lentamente, a ilusão desaparece. Em virtude da segregação dos fluxos, a melodia "surge" quando as notas estão suficientemente coladas no tempo — o sistema perceptivo as mantém juntas —, mas se perde quando se distanciam demais. Como pôde constatar Bernard Lortat-Jacob em um estudo realizado no Museu do Homem em Paris, a Quintina (literalmente, "a quinta") da música vocal *a capella* da Sardenha também gera uma ilusão: uma quinta voz feminina surge dentre as quatro vozes masculinas quando a harmonia e os timbres têm uma execução ideal. (Os sardos acreditam que é a voz da Virgem Maria que os está recompensando quando demonstram sua fé cantando bem.)

"One of These Nights", canção-título do álbum de mesmo nome dos Eagles, começa com um padrão para contrabaixo e guitarra que parece emanar de um só instrumento: o contrabaixo executa uma única nota e a guitarra entra com um glissando, mas o efeito para a percepção é do contrabaixo deslizando, em virtude do princípio gestáltico da boa continuação. George Shearing criou um efeito tímbrico inédito fazendo a guitarra (ou, em certos casos, o vibrafone) sobrepor-se com tanta precisão ao que ele estava tocando no piano que os ouvintes ficavam se perguntando que instrumento novo seria aquele, quando, na realidade, se tratava de dois instrumentos distintos cujos sons se fundiam na percepção. Em "Lady Madonna", os quatro Beatles cantam com as mãos em

forma de concha diante da boca numa pausa instrumental, e nós juramos que estamos ouvindo saxofones, em virtude ao mesmo tempo do timbre diferente que produzem e de nossa expectativa (de cima para baixo) de que faria sentido incluir saxofones numa canção desse tipo.

Na maioria das gravações contemporâneas encontramos um outro tipo de ilusão auditiva. A reverberação artificial faz com que os sons emitidos pelos vocalistas e pelas guitarras solo pareçam provir do fundo da sala, mesmo quando estamos ouvindo com fones de ouvido e o som chega aos nossos ouvidos, na verdade, de uma distância de milímetros. Por meio de técnicas de microfonia, é possível fazer com que uma guitarra pareça ter três metros de largura, dando a impressão de que nossos ouvidos estão lá dentro da caixa de ressonância — o que seria impossível, pois as cordas passam por cima da entrada, e se nossos ouvidos estivessem realmente lá, o guitarrista estaria tocando nosso nariz. O cérebro vale-se de pistas sobre o espectro sonoro e os tipos de eco para nos informar acerca do mundo auditivo ao nosso redor, mais ou menos como um rato usa os bigodes para ter noção do mundo físico que o cerca. Os engenheiros de som aprenderam a imitar essas pistas para conferir um certo toque de vividez e realidade às gravações, mesmo quando são realizadas no ambiente sonicamente estéril dos estúdios.

Um motivo correlato explica por que tantos de nós hoje em dia nos sentimos atraídos pela música gravada — especialmente agora, com a disseminação dos reprodutores musicais individuais e a generalizada utilização dos fones de ouvido. Os músicos e os engenheiros de som aprenderam a criar efeitos especiais que excitam nosso cérebro explorando circuitos neurais que foram desenvolvidos para discernir características importantes do nosso ambiente auditivo. Esses efeitos especiais assemelham-se, em princípio, ao da terceira dimensão em obras de arte, filmes e ilusões visuais, pois não existem há tempo suficiente para que o cérebro tenha desenvolvido mecanismos especiais para percebê-los; em vez disso, eles ativam sistemas perceptivos que existem para desempenhar outras funções. Como fazem uso inovador desses circuitos neurais, nós os achamos particularmente interessantes. O mesmo se aplica à maneira como são feitas as gravações modernas.

Nosso cérebro é capaz de estimar o tamanho de um espaço fechado com base na reverberação e no eco presentes no sinal que chega ao ouvido. Embora poucas pessoas conheçam as equações necessárias para descrever como um ambiente difere de outro, todos somos capazes de dizer se estamos num banheiro azulejado de pequenas dimensões, numa sala de concerto de tamanho médio ou numa igreja de abóbadas elevadas. E também sabemos, ouvindo vozes gravadas, avaliar o tamanho do compartimento em que se encontra o cantor ou locutor. Os engenheiros de gravação criam aquilo que costumo chamar de "hiper-realidade", uma espécie de equivalente, no universo dos discos, do truque cinematográfico que consiste em montar a câmera no para-choque de um carro movendo-se em alta velocidade. Experimentamos impressões sensoriais que nunca temos efetivamente na vida real.

O cérebro tem uma extrema sensibilidade para as informações relativas ao tempo. Somos capazes de localizar objetos valendo-nos exclusivamente de diferenças de poucos milissegundos entre o momento da chegada de um som num ouvido e no outro. Muitos dos efeitos especiais que tanto gostamos de ouvir baseiam-se nessa sensibilidade. A sonoridade da guitarra de Pat Metheny, David Gilmour ou do Pink Floyd recorre a múltiplas protelações na transmissão do sinal para provocar um efeito fantasmagórico e impressionante que estimula certas partes do cérebro de uma maneira que os seres humanos nunca haviam experimentado, simulando o som de uma caverna fechada, com uma multiplicidade de ecos que jamais ocorreria na vida real — algo semelhante, no universo auditivo, à infinita repetição de espelhos que às vezes vemos na barbearia.

Talvez a suprema ilusão na música seja a de estrutura e forma. Nada existe numa sequência de notas que seja capaz de gerar as ricas associações emocionais que experimentamos com a música, não há nada numa escala, num acorde ou numa sequência destes que intrinsecamente nos leve a esperar uma resolução. Nossa capacidade de conferir sentido à música depende da experiência e de estruturas neurais capazes de aprender e se modificar a cada nova canção ou audição de uma canção conhecida. Nosso cérebro aprende uma espécie de gramática musical específica de nossa cultura, exatamente como acontece com a linguagem.

A contribuição de Noam Chomsky à linguística e à psicologia modernas foi a tese de que nascemos com a capacidade inata de entender qualquer língua existente no mundo, e de que a experiência com determinada língua constrói, modela e, em última análise, desbasta toda uma complicada rede de circuitos neurais. Antes de nascermos o cérebro não sabe com que língua teremos contato, mas nossos cérebros e línguas naturais evoluíram paralelamente de tal maneira que todos os idiomas compartilham certos princípios fundamentais. O cérebro tem também a capacidade de incorporar qualquer um deles, quase sem esforço, bastando para isso o simples contato numa etapa crítica do desenvolvimento neural.

Da mesma forma, temos aparentemente a mesma capacidade inata de aprender qualquer música, embora, também aqui, todas elas tenham diferenças essenciais. Depois do nascimento o cérebro passa por um período de rápido desenvolvimento neural, que tem prosseguimento nos primeiros anos de vida, no qual as novas conexões neurais se vão formando com mais rapidez que em qualquer outro período, e durante os anos intermediários da infância o cérebro começa a desbastar essas conexões, retendo apenas as mais importantes e mais usadas. Elas se tornam a base de nossa compreensão da música e, em última análise, daquilo que apreciamos na música, da forma como ela nos toca. Isso não quer dizer que não possamos aprender a apreciar novas músicas na idade adulta, mas o fato é que elementos estruturais básicos são incorporados às conexões de nosso cérebro quando ouvimos música nos primeiros anos de vida.

Assim é que a música pode ser entendida como um tipo de ilusão perceptiva em que nosso cérebro impõe estrutura e ordem a uma sequência de sons. A maneira como essa estrutura nos leva a experimentar reações emocionais é um dos mistérios da música. Afinal de contas, não ficamos com os olhos marejados ao vivenciar outros tipos de estruturas, como um talão de cheques bem fornido ou a ordeira disposição de produtos de primeiros socorros numa prateleira de drogaria (ou, pelo menos, este é o caso da maioria de nós). O que faz com que o tipo específico de ordem encontrado na música nos emocione? A estrutura das escalas e

dos acordes tem algo a ver com isto, assim como a do cérebro. Seus detectores de características tratam de extrair informações dos fluxos de sons que chegam aos nossos ouvidos; seu sistema de computação os combina num todo coerente, baseado, em parte, naquilo que julga ser o que deveria estar ouvindo e, em parte, nas expectativas. A origem destas é uma das chaves para compreender como a música emociona, quando o faz e por que certas canções nos fazem querer desligar o aparelho de som. A questão das expectativas musicais talvez seja a área da neurociência cognitiva que une de maneira mais harmônica a teoria musical e a teoria neural, os músicos e os cientistas. Para entendê-la realmente, temos de estudar de que maneira certos padrões musicais dão origem a determinados modos de ativação neural no cérebro.

CAPÍTULO 4

Expectativa

O QUE ESPERAMOS DE LISZT (E LUDACRIS)

Numa cerimônia de casamento, não é a presença dos noivos vibrando de amor e esperança na companhia dos amigos e da família, contemplando a vida que virá, que me traz lágrimas aos olhos; é quando ouço a música que começo a chorar. Assistindo a um filme, quando duas pessoas finalmente se reencontram depois de uma grande provação, é a música que me leva, com minhas emoções, aos limites sentimentais.

Anteriormente escrevi que a música é o som organizado, mas precisa haver algo inesperado nessa organização, ou a música será emocionalmente indiferente e robotizada. A apreciação está intimamente relacionada à nossa capacidade de aprender a estrutura subjacente à música da qual gostamos — o equivalente à gramática nas linguagens falada ou de sinais — e prever o que virá em seguida. Os compositores impregnam a música de emoção porque sabem quais são as nossas expectativas e, então, tratam de controlar quando elas serão atendidas ou não. Os tremores, arrepios e lágrimas que nos são causados pela música decorrem da hábil manipulação de nossas expectativas por parte de um compositor escolado e dos músicos que a interpretam.

A ilusão ou truque mais conhecido da música clássica ocidental é provavelmente a cadência interrompida. Cadência é uma sequência de acordes que cria uma expectativa e se encerra, em geral com uma resolução satisfatória. Na cadência interrompida, o compositor repete a sequência de acordes várias vezes, até nos convencer de que ouviremos aquilo que esperamos, mas no último minuto nos dá um acorde inesperado — não propriamente fora da tonalidade, mas um acorde que nos

diz que não acabou, um acorde que não resolve completamente. Em Haydn, a utilização da cadência interrompida é tão frequente que quase chega a ser uma obsessão. Perry Cook a comparou a um truque de mágica: os mágicos geram expectativas e as decepcionam, sem que saibamos exatamente como ou quando vão fazê-lo. A mesma coisa fazem os compositores. "For No One", dos Beatles, acaba num acorde de quinta (o quinto grau da escala em que estamos) e ficamos esperando por uma resolução que não vem — pelo menos não nesta canção. Mas, a canção seguinte do álbum *Revolver* começa exatamente no acorde que esperávamos ouvir.

A geração e a manipulação de expectativas estão no cerne da música, dando-se de infinitas maneiras. O Steely Dan o faz tocando canções essencialmente blues (em suas estruturas e progressões), mas adicionando harmonias inabituais para fazer com que soem como se não fossem blues — por exemplo, na canção "Chain Lightning", Miles Davis e John Coltrane fizeram fama re-harmonizando progressões típicas do blues, conferindo-lhes sons diferentes e ligados ao mesmo tempo ao familiar e ao exótico. Em seu álbum solo *Kamakiriad*, Donald Fagen (do Steely Dan) apresenta canções com ritmos de blues/funk que nos levam a esperar a habitual progressão de acordes do blues, mas a canção inteira é executada num único acorde, sem jamais se afastar dessa posição harmônica.

Em "Yesterday", a principal frase melódica tem sete compassos; os Beatles nos surpreendem desrespeitando um dos pressupostos mais básicos da música popular, a unidade frasal de quatro ou oito compassos (quase todas as canções de rock/pop têm ideias musicais organizadas em frases com essa duração). Em "I Want You (She's So Heavy)", os Beatles decepcionam as expectativas esboçando um final hipnótico e repetitivo que parece prolongar-se infinitamente; em função de nossa experiência em relação aos finais das canções de rock, esperamos que ela vá lentamente diminuindo de volume, num tipo clássico de encerramento. No entanto, ela se encerra abruptamente, e nem mesmo no fim de uma frase — mas bem no meio de uma nota!

Os Carpenters usam o timbre para decepcionar expectativas de gênero; provavelmente eles eram o último grupo que o público esperava

ouvir tocando uma guitarra elétrica distorcida, mas foi o que fizeram em "Please Mr. Postman" e algumas outras canções. Os Rolling Stones — na época, uma das bandas de rock mais *hard* — haviam feito exatamente o oposto alguns anos antes, usando violinos (por exemplo, em "Lady Jane"). Quando o Van Halen estava no auge, surpreendeu os fãs lançando uma versão heavy metal de uma velha canção esquecida dos Kinks, "You Really Got Me".

As expectativas de ritmo também são decepcionadas com frequência. Um truque habitual no blues elétrico é a interrupção de um crescendo de vibração da banda, que para de tocar completamente enquanto o cantor ou guitarrista solo prossegue, como em "Pride and Joy", de Ray Vaughan, "Hound Dog", de Elvis Presley, ou "One Way Out", dos Allman Brothers. O final clássico de uma canção de blues elétrico é outro exemplo. A canção vai acumulando tensão com uma batida constante durante dois ou três minutos e de repente — pam! No exato momento em que os acordes indicam um fim iminente, em vez de investir a toda velocidade, a banda começa a tocar na metade do andamento.

Numa surpresa dupla, Creedence Clearwater Revival se sai com esse final surpreendentemente lento em "Lookin' Out My Back Door" — na época, esse tipo de fecho já era um clichê — mas novamente surpreende retomando no verdadeiro fim da canção o andamento original.

A banda The Police tornou-se famosa justamente decepcionando as expectativas rítmicas. No rock, a principal convenção rítmica é um acento constante nos tempos dois e quatro. A música reggae altera o procedimento entrando com a caixa clara nas batidas um e dois e, em geral, uma guitarra nas batidas dois e quatro. A banda associou o rock ao reggae, criando um novo som que ao mesmo tempo atendia certas expectativas e frustrava outras. Sting com frequência tocava partes de guitarra baixo completamente novas, evitando os clichês do rock que consistem em tocar no tempo forte ou sincronicamente com o bombo. Como me disse Randy Jackson, juiz do *American Idol* e grande baixista, na época da década de 1980 em que compartilhávamos um escritório num estúdio de gravação, as linhas de baixo de Sting são completamente originais e nunca poderiam se adaptar a canções de outros compositores. "Spirits in the Material

World", do álbum *Ghost in the Machine*, leva esse padrão rítmico a tal extremo que fica até difícil situar o tempo forte.

Compositores modernos como Schönberg descartaram completamente a ideia de expectativa. Suas escalas nos privam da sensação de resolução, que representa uma raiz na escala, ou uma espécie de "lar" musical, criando com isso a ilusão de uma ausência de lar, de uma música à deriva, quem sabe como metáfora do existencialismo do século XX (ou simplesmente porque estavam querendo ser diferentes). No cinema, ainda hoje ouvimos essas escalas acompanhando sequências oníricas, para dar uma sensação de falta de chão, bem como em cenas submarinas ou no espaço sideral, para transmitir a ideia de ausência de gravidade.

Esses aspectos da música não são diretamente representados no cérebro, pelo menos não nas etapas iniciais de processamento. O cérebro constrói sua própria versão da realidade, levando em conta o que nela se encontra e a sua própria maneira de interpretar os tons que ouvimos em função do papel que desempenham num sistema musical adquirido. Interpretamos a linguagem falada de maneira análoga. Não existe na palavra "gato" nada de intrinsecamente felino, como tampouco em qualquer de suas sílabas, mas aprendemos que esse conjunto de sons representa o felino doméstico. Da mesma forma, aprendemos que certas sequências de tons sempre se formam — e esperamos que assim continue a ser. Esperamos que determinados ritmos, alturas, timbres etc. se deem simultaneamente com base numa análise estatística feita em nosso cérebro a respeito da frequência com que ocorreram conjuntamente no passado. Temos de rejeitar a ideia, intuitivamente interessante, de que o cérebro armazena uma representação precisa e estritamente isomórfica do mundo. Em certa medida, ele armazena distorções e ilusões perceptivas, extraindo as relações que se estabelecem entre os elementos. Computa uma realidade para nós, de rica complexidade e beleza. Uma prova fundamental desse ponto de vista é o simples fato de que as ondas luminosas variam em uma dimensão — o comprimento de onda —, mas, ainda assim, nosso sistema perceptivo trata a cor como se fosse bidimensional (o círculo de cor descrito na página 39). O mesmo acontece com a altura: a partir de um contínuo unidimensional de moléculas vibrando em

velocidades diferentes, o cérebro constrói um rico e multidimensional espaço de alturas, com três, quatro e até cinco dimensões (de acordo com certos modelos). O fato do cérebro estar adicionando tantas dimensões à realidade pode ajudar a explicar as profundas reações que temos diante de sons adequadamente organizados e habilmente combinados.

Quando nós, cientistas cognitivos, falamos das expectativas e de sua frustração, estamos nos referindo a um fenômeno cuja ocorrência vai de encontro ao que tinha razoável probabilidade de acontecer. Parece claro que conhecemos muito sobre uma série de diferentes situações-padrão. A vida nos defronta com situações semelhantes entre si e que diferem apenas em detalhes, não raro insignificantes. Aprender a ler é um exemplo. Os extratores de características do cérebro aprenderam a detectar o aspecto essencial e invariável das letras do alfabeto e, a menos que estejamos prestando atenção explicitamente, não notamos detalhes como a fonte em que é impressa uma palavra. Embora os detalhes *superficiais* sejam **diferentes,** *todas* **estas** palavras podem ser ***identificadas***, assim como ***as letras*** que as compõem. (Pode ser chocante ler frases em que as palavras mudam de fonte a toda hora, e é claro que quando isso ocorre com tanta frequência nós notamos, mas continua de pé o fato de que nossos detectores de características estão ocupados em extrair coisas como "a letra *a*", e não em processar a fonte em que foi impressa.)

Uma das maneiras mais importantes que o cérebro desenvolveu para lidar com situações-padrão é extrair os elementos comuns a múltiplas situações e criar um arcabouço para situá-los, chamado de esquema. O esquema da letra *a* seria uma descrição de sua forma e talvez um conjunto de traços de memória incluindo todos os *as* que já vimos, demonstrando a variabilidade que acompanha o esquema. Os esquemas informam toda uma série de interações cotidianas que temos com o mundo. Por exemplo, já fomos a festas de aniversário e temos uma noção geral — um esquema — do que é comum a elas. Tal esquema será diferente em outras culturas (como acontece com a música) e para pessoas de variadas idades. O esquema leva a expectativas claras, bem como à noção de que algumas delas são flexíveis e outras não. Podemos fazer uma lista daquilo que encontraremos numa típica festa de aniversário. Não nos

surpreenderia que nem todos os elementos estivessem presentes, mas quanto menos itens, menos típica será a festa:

- Uma pessoa comemorando seu aniversário de nascimento
- Outras pessoas participando da comemoração
- Um bolo com velas
- Presentes
- Um cardápio festivo
- Chapéus engraçados, matracas e outros motivos decorativos

Sendo a festa de uma criança de 8 anos, poderíamos ter a expectativa de alguma brincadeira animada, mas não a de que fosse servido uísque. É mais ou menos esse o nosso esquema da festa de aniversário.

Também temos esquemas musicais, os quais começam a se formar no útero e são elaborados, corrigidos e informados das mais diversas maneiras sempre que ouvimos música. Eles incluem o conhecimento implícito das escalas normalmente usadas, por isso a música indiana ou paquistanesa, por exemplo, nos soa "estranha" quando a ouvimos pela primeira vez, o que não acontece com as crianças. Pode parecer óbvio, mas ela nos soa estranha por não coincidir com aquilo que aprendemos a chamar de música. Aos 5 anos, as crianças já aprenderam a reconhecer as progressões de acordes de sua cultura: estão formando esquemas.

Desenvolvemos esquemas para gêneros e estilos musicais específicos; *estilo* é simplesmente uma outra palavra para "repetição". Nosso esquema relativo a um concerto de Lawrence Welk inclui acordeões, mas não guitarras elétricas distorcidas, e aquele para um concerto do Metallica é o oposto. Um esquema no caso do Dixieland inclui a marcação do ritmo batendo os pés, música de andamento rápido para dançar, e, a menos que a banda estivesse sendo irônica, não se esperaria que houvesse sobreposição entre seu repertório e o de um cortejo fúnebre. Os esquemas são uma extensão da memória. Como ouvintes, reconhecemos aquilo que já ouvimos, bem como se a repetição foi em uma mesma peça ou em outra. Segundo o teórico Eugene Narmour, para ouvir uma música é necessário ter armazenado na memória um conhecimento das notas que

acabam de ser tocadas e das músicas que já ouvimos e que se aproximam dessa. Esta última memória pode não ter o mesmo nível de resolução ou vividez que as notas que acabamos de ouvir, mas é necessária para criar um contexto para estas.

Entre os principais esquemas que desenvolvemos estão um vocabulário de gêneros e estilos, bem como das diferentes épocas (a música da década de 1970 soa diferente daquela da década de 1930), dos ritmos, progressões de acordes e estruturas de frase (o número de compassos para cada frase), da duração de uma canção e das sucessões mais características de notas. Quando eu dizia anteriormente que a canção popular padrão tem frases de quatro ou oito compassos, referia-me ao esquema que desenvolvemos para as canções populares do fim do século XX. Ouvimos milhares de canções diversas vezes, e mesmo não sendo capazes de descrevê-las explicitamente, incorporamos essa tendência frasal como uma "regra" da música que conhecemos. Quando ouvimos "Yesterday", com sua frase de sete compassos, é uma surpresa. Mesmo que tenhamos ouvido "Yesterday" mil vezes ou mesmo dez mil vezes, a canção continua nos interessando, pois frustra expectativas esquemáticas mais profundamente enraizadas que a memória que temos dessa canção específica. As canções que, ao longo dos anos, estamos sempre querendo ouvir jogam com as expectativas o suficiente para serem sempre um pouquinho surpreendentes. Steely Dan, os Beatles, Rachmaninov e Miles Davis são apenas alguns dos artistas dos quais as pessoas dizem nunca se cansar, e um dos principais motivos é esse.

Para os compositores, a melodia é uma das principais maneiras de controlar nossas expectativas. Os teóricos da música identificaram um princípio chamado de preenchimento de lacuna; numa sequência de sons, quando a melodia dá um grande salto, seja para cima ou para baixo, a nota seguinte deve mudar de direção. Normalmente as melodias avançam gradativamente, ou seja, por notas adjacentes da escala. Quando ela dá um grande salto, os teóricos identificam uma tendência para que "queira" retornar ao ponto inicial do salto; esta é uma outra maneira de dizer que o cérebro espera que o salto tenha sido apenas temporário, e que as notas que se seguem necessitam nos trazer para cada vez mais perto do ponto de partida — ou "de volta para casa" do ponto de vista harmônico.

Em "Somewhere Over the Rainbow", a melodia começa em um dos maiores saltos de que temos notícia: uma oitava. Trata-se de uma forte violação dos esquemas, de modo que o compositor trata de nos recompensar e tranquilizar trazendo novamente a melodia de volta para o início, mas sem exagerar — ele efetivamente volta a descer, mas só um grau da escala —, pois quer seguir aumentando a tensão. A terceira nota dessa melodia preenche a lacuna. Sting faz o mesmo em "Roxanne": salta um intervalo de aproximadamente meia oitava (uma quarta justa) para alcançar a primeira sílaba da palavra Roxanne, depois volta a descer para preencher a lacuna.

Também ouvimos um preenchimento de lacuna no *andante cantabile* da Sonata "Patética" de Beethoven. À medida que ascende, o tema principal passa de um dó (na tonalidade de lá bemol é o terceiro grau da escala) para o lá bemol que está uma oitava acima da nota que consideramos a do "estar em casa", e ainda sobe mais até um si bemol. Agora que estamos uma oitava inteira longe de casa, só há uma maneira de prosseguir: voltar para casa. Beethoven efetivamente dá um salto de volta para casa, descendo um intervalo de quinta e caindo na nota (mi bemol) que fica uma quinta acima da tônica. Para retardar a resolução — ele era um mestre do suspense —, em vez de continuar a descida até a tônica, afasta-se dela. Ao escrever na pauta o salto descendente do si bemol agudo para o mi bemol, Beethoven jogava dois esquemas um contra o outro: o da resolução na tônica e o do preenchimento da lacuna. Afastando-se da tônica nesse momento, ele também preenche a lacuna que havia gerado ao dar tão grande salto descendente para voltar ao ponto intermediário. Quando Beethoven finalmente nos leva de volta para casa, dois compassos adiante, é a mais doce resolução que já ouvimos.

Vejamos agora o que Beethoven faz em relação às expectativas geradas pela melodia do tema principal no último movimento da Nona Sinfonia ("Ode à Alegria"). As notas da melodia são:

mi – mi – fá – sol- sol- fá – mi – ré – dó – dó – ré – mi – mi – ré – ré

O principal tema melódico é formado simplesmente pelas notas da escala! A mais conhecida, ouvida e executada sequência de notas que

temos na música ocidental. Mas Beethoven a torna interessante frustrando nossas expectativas. Ele começa com uma nota estranha e termina com outra. Começa no terceiro grau da escala (tal como fizera na Sonata "Patética"), em vez de começar pela tônica, e vai subindo gradualmente, para em seguida dar uma volta e descer novamente. Quando chega à tônica — o som mais estável —, em vez de permanecer, ele volta a subir até a nota com a qual começamos, depois desce novamente, de modo que imaginamos e esperamos que retorne até a tônica, mas não é o que faz: permanece bem ali, no ré, o segundo grau da escala. A peça precisa de uma resolução na tônica, mas Beethoven nos mantém pendurados ali, onde menos esperávamos estar. Volta então a percorrer todo o motivo, e só ao fim da segunda vez atende às nossas expectativas. Agora, no entanto, essa expectativa é ainda mais interessante, em virtude da ambiguidade: ficamos nos perguntando se, tal como Lucy segurando a bola para que Charlie Brown dê o primeiro chute no jogo de futebol, Beethoven também não tirará a resolução da nossa frente no último instante.

O que sabemos sobre a base neural da expectativa e da emoção musicais? Se reconhecemos que o cérebro está construindo uma versão da realidade, devemos rejeitar a ideia de que tenha uma representação precisa e estritamente isomórfica do mundo. Então, o que o cérebro traz em seus neurônios que represente o mundo ao nosso redor? Ele representa a música e todos os demais aspectos da realidade em termos de códigos mentais e neurais. Os neurocientistas tentam decifrar esses códigos e entender suas estruturas, assim como a maneira como se traduzem na esfera da experiência. Os psicólogos cognitivos tentam compreendê-los em um nível mais elevado — não no nível dos disparos neurais, mas dos princípios gerais.

A maneira como uma imagem é armazenada no computador é semelhante, em princípio, ao modo de funcionamento do código neural. Ao ser armazenada, ela não está sendo guardada no seu disco rígido como uma fotografia era guardada no álbum de sua avó. Ao abrir o álbum da vovó, você pode apanhar uma foto, virá-la de cabeça para baixo, dá-la a um amigo; trata-se de um objeto físico e não da representação de uma

fotografia. Já a foto no computador é armazenada num arquivo formado por 0s e 1s — o código binário usado pelos computadores para representar tudo.

Se você já abriu um arquivo corrompido ou se o seu programa de e-mail não baixou adequadamente um anexo, provavelmente já viu uma confusão de letras e sinais no lugar do que julgava ser um arquivo de computador: uma infinidade de símbolos estranhos, rabiscos e caracteres alfanuméricos mais ou menos parecidos com aqueles xingamentos que lemos nos balões das histórias em quadrinhos. (Eles representam uma espécie de código hexadecimal intermediário que também se resolve em 0s e 1s, mas isso não é crucial para entender a analogia.) No caso mais simples de uma fotografia em preto e branco, o 1 pode representar a existência de um ponto negro em determinado lugar da imagem e o 0 pode indicar a ausência de tal ponto — ou um ponto branco. Você pode imaginar que seria fácil representar uma forma geométrica simples usando esses 0s e 1s, mas eles não assumiriam a forma de um triângulo, estariam simplesmente integrados a uma longa série e o computador disporia de um conjunto de instruções para interpretá-los (e para estabelecer a localização espacial a que se refere cada número). Se viesse a se tornar um verdadeiro perito na leitura desse tipo de arquivo, você talvez conseguisse decodificá-lo, adivinhando que tipo de imagem poderia representar. A situação é muito mais complicada no caso de uma imagem colorida, mas o princípio é o mesmo. As pessoas que trabalham constantemente com arquivos de imagem são capazes de olhar para uma série de 0s e 1s e dizer algo sobre a natureza da fotografia — não propriamente se se trata de um ser humano ou de um cavalo, por exemplo, sobre a quantidade de vermelho ou cinza nela encontrada, o grau de acentuação dos ângulos e assim por diante. Elas aprenderam a ler o código que representa a imagem.

Da mesma forma, os arquivos de áudio são armazenados em formato binário, como sequências de 0s e 1s, elementos que representam a existência ou a ausência de sons em determinadas partes do espectro de frequência. Dependendo de sua posição no arquivo, determinada sequência de 0s e 1s indicará se está sendo tocado um bombo ou um piccolo.

Nos casos que acabo de descrever, o computador está usando um

código para representar objetos visuais e auditivos comuns. Os objetos são decompostos em pequenos componentes — pixels no caso de uma imagem, ondas senoidais de determinada frequência e amplitude no caso do som —, que são traduzidos para o código. Naturalmente, no computador (o cérebro) estão sendo operados muitos softwares imaginosos (a mente) que traduzem tais códigos sem dificuldade. Quase todos nós nem precisamos nos preocupar com o código propriamente dito. Podemos escanear uma foto ou capturar uma canção para o nosso disco rígido, e quando quisermos vê-la ou ouvi-la, damos dois cliques e ela aparece em toda a sua beleza original. Trata-se de uma ilusão possibilitada pelas muitas camadas de tradução e amálgama que estão ocorrendo, invisíveis dos nossos olhos. Assim funciona o código neural. Milhões de nervos sendo disparados em velocidades e intensidades diferentes, fora do alcance de nossos olhos. Não podemos sentir nossos nervos disparando; não sabemos como apressá-los, retardá-los, botá-los para funcionar quando acordamos lentos e pesados, nem desligá-los para conseguirmos dormir à noite.

Anos atrás, meu amigo Perry Cook e eu ficamos espantados ao ler um artigo sobre um homem capaz de olhar para os sulcos de gravações fonográficas e, com o selo encoberto, identificar a peça musical nelas contida. Será que ele memorizava os padrões de milhares de discos? Perry e eu pegamos alguns discos velhos e notamos certas regularidades. Os sulcos de um disco de vinil contêm um código que é "lido" pela agulha. As notas graves geram sulcos largos, as agudas, sulcos estreitos, e a agulha lançada no interior dos sulcos movimenta-se milhares de vezes por segundo para capturar a paisagem da parede interna. Conhecendo muito bem muitas peças musicais, uma pessoa poderia caracterizá-las em função da quantidade de notas graves (a música de rap tem muitas, os concertos barrocos, não) e de seu caráter estável ou percussivo (basta pensar numa melodia de jazz-swing, com seu baixo uniformemente discreto, em oposição a uma melodia de funk, com seu baixo sacudido), e descobrir como essas formas são codificadas no vinil. A habilidade do sujeito mencionado no artigo é extraordinária, mas não inexplicável.

Diariamente encontramos os mais capacitados leitores do código auditivo: o mecânico capaz de ouvir o ruído de um motor e determinar

se os problemas decorrem de um entupimento no injetor de combustível ou de um desvio da correia do distribuidor; o médico capaz de dizer, ouvindo o seu coração, se existe uma arritmia; o detetive policial que sabe quando um suspeito está mentindo pela tensão em sua voz; o músico que diferencia uma viola de um violino ou uma clarineta em si bemol de uma em mi bemol simplesmente ouvindo seu som. Em todos os casos, o timbre nos ajuda muito a decifrar o código.

Como podemos estudar os códigos neurais e aprender a interpretá-los? Alguns neurocientistas começam estudando os neurônios e suas características: o que faz com que sejam disparados, a rapidez desse disparo, quanto dura seu período refratário (o tempo de que precisam para se recuperar entre um disparo e outro); estudamos como os neurônios se comunicam entre si e o papel dos neurotransmissores na condução das informações no cérebro. Nesse nível de análise, boa parte do trabalho envolve princípios gerais; ainda não sabemos muita coisa sobre a neuroquímica da música, por exemplo, embora eu revele no capítulo 5 interessantes resultados obtidos nesse terreno.

Mas voltemos por um momento. Os neurônios são as células primordiais do cérebro; eles também se encontram na medula espinhal e no sistema nervoso periférico. Uma atividade no exterior do cérebro pode disparar um neurônio — como acontece, por exemplo, quando o tom de uma determinada frequência estimula a membrana basilar, que, por sua vez, transmite um sinal aos neurônios seletores de frequência no córtex auditivo. Ao contrário do que se imaginava cem anos atrás, os neurônios cerebrais não se tocam realmente; existe entre eles um espaço chamado sinapse. Quando dizemos que um neurônio é disparado, ele está mandando um sinal elétrico que provoca a liberação de um neurotransmissor, substância química que percorre o cérebro, aglutinando-se a receptores ligados a outros neurônios. Receptores e neurotransmissores podem ser comparados, respectivamente, a fechaduras e chaves. Ao ser disparado um neurônio, um neurotransmissor nada pela sinapse até chegar a um neurônio próximo, e quando encontra a fechadura e se encaixa nela, o novo neurônio também é disparado. Nem todas as chaves se encaixam em todas as fechaduras; certas fechaduras (receptores) destinam-

se a aceitar apenas determinados neurotransmissores. Eles são então absorvidos num processo chamado reabsorção, sem a qual continuariam estimulando ou inibindo o disparo dos neurônios.

Certos neurotransmissores são usados em todo o sistema nervoso, outros somente em certas regiões do cérebro e por certos tipos de neurônios. A serotonina é produzida no tronco cerebral, estando associada à regulação do humor e do sono. Os antidepressivos da nova classe, entre eles o Prozac e o Zoloft, são conhecidos como inibidores seletivos de reabsorção da serotonina (SSRIs, na sigla em inglês), permitindo que esse neurotransmissor atue por mais tempo no cérebro. Ainda não se conhece com precisão o mecanismo através do qual esse processo alivia a depressão, o transtorno obsessivo compulsivo e os distúrbios do humor e do sono.

A dopamina é liberada pelo núcleo acumbente, estando envolvida na regulação do humor e na coordenação dos movimentos. É famosa por participar do sistema de prazer e recompensa do cérebro. Quando os viciados em drogas se entregam ao seu consumo, ou quando jogadores compulsivos ganham uma aposta — e até mesmo quando os chocólatras ingerem o cacau —, é esse o neurotransmissor liberado. Seu papel na música — assim como o desempenhado pelo núcleo acumbente — era desconhecido até 2005.

A neurociência cognitiva tem dado grandes saltos na última década. Hoje, sabemos muito mais sobre como os neurônios atuam, se comunicam, formam redes e se desenvolvem a partir de suas fórmulas genéticas. Uma das descobertas no nível macro a respeito do funcionamento do cérebro está ligada a uma ideia bastante popularizada sobre a especialização hemisférica: a de que as metades esquerda e direita do cérebro desempenham funções cognitivas diferentes. O que certamente é verdade, mas o fato, como em tantos casos de impregnação da cultura popular pela ciência, é que a verdadeira história é um pouco mais complexa.

Primeiramente, a pesquisa em que se baseia essa ideia foi realizada em pessoas destras. Por motivos não totalmente esclarecidos, as pessoas canhotas (aproximadamente 5%-10% da população) ou ambidestras às vezes têm a mesma organização cerebral que as destras, mas com mais

frequência a têm diferente. Quando a organização cerebral é diferente, pode assumir a forma de uma simples imagem espelhada, de tal maneira que as funções são simplesmente mandadas para o lado oposto. Em muitos casos, contudo, os canhotos têm uma organização neural com diferenças ainda não muito bem documentadas. Desse modo, quaisquer generalizações a respeito das assimetrias hemisféricas se aplicam apenas à maioria destra da população.

Escritores, empresários e engenheiros consideram que em seu caso predomina o lado esquerdo do cérebro, e artistas, dançarinos e músicos, que predomina o direito. A ideia muito disseminada de que a parte esquerda é analítica, e a direita, artística tem seu mérito, mas é por demais simplista. Ambos os lados do cérebro se envolvem na análise e no pensamento abstrato. Todas essas atividades requerem coordenação dos dois hemisférios, embora algumas das funções específicas sejam nitidamente lateralizadas.

O processamento da fala localiza-se primordialmente no hemisfério esquerdo, embora certos aspectos globais da linguagem falada, como a entonação, a ênfase e o padrão de altura, sejam mais comumente afetados após lesões no hemisfério direito. A capacidade de distinguir entre uma pergunta e uma afirmação ou entre o sarcasmo e a sinceridade frequentemente repousa nessas indicações não linguísticas lateralizadas no hemisfério direito, coletivamente conhecidas como prosódia. É perfeitamente natural perguntar-se se a música apresentaria a assimetria oposta, situando-se o processamento primordialmente do lado direito. Existem muitos casos de indivíduos com lesões no hemisfério esquerdo do cérebro que perderam a fala, mas retiveram a função musical, e vice-versa. Casos assim parecem indicar que a música e a fala, embora talvez compartilhem certos circuitos neurais, não podem usar estruturas completamente sobrepostas.

As características locais da linguagem falada, como a distinção entre os diferentes sons da fala, parecem estar lateralizadas no hemisfério esquerdo. Também constatamos manifestações de lateralização na base cerebral da música. O contorno global de uma melodia — simplesmente sua forma melódica, ignorando os intervalos — é processado no hemis-

fério direito, assim como as discriminações sutis de tons de alturas próximas. No contexto de suas funções linguísticas, o hemisfério esquerdo está envolvido nos aspectos de atribuição de nomes na música — por exemplo, dar nome a uma canção, a um intérprete, a um instrumento ou a um intervalo musical. Os músicos que usam a mão direita ou leem a pauta com o olho direito também se valem do hemisfério esquerdo, pois a metade esquerda do cérebro controla a metade direita do corpo. Também existem indicações recentes de que o acompanhamento do desenvolvimento de um tema musical — pensar em termos de tonalidades e escalas, percebendo se uma peça musical faz sentido ou não — é lateralizado nos lobos frontais esquerdos.

O treinamento musical aparentemente faz com que parte do processamento musical se transfira do hemisfério direito (imagístico) para o esquerdo (lógico), pois os músicos aprendem a falar da música — e talvez a pensar sobre ela — recorrendo a termos linguísticos. E o processo normal de desenvolvimento parece levar a uma maior especialização hemisférica: as crianças evidenciam menor lateralização das operações musicais que os adultos, independentemente de praticarem ou não a música.

A melhor maneira de começar a investigar a questão da expectativa no cérebro musical é pela identificação das sequências de acordes. A mais importante diferença da música em relação às artes visuais é o fato de se manifestar no tempo. À medida que se desenrolam de maneira sequenciada, os tons nos levam — ao cérebro e à mente — a fazer previsões sobre o que virá em seguida, que constituem parte essencial das expectativas musicais. Mas como estudar a base cerebral dessas expectativas?

Os disparos neurais geram uma pequena corrente elétrica que pode ser medida com um equipamento adequado e que nos permite saber quando e com que frequência os neurônios são disparados; dá-se a isso o nome de eletroencefalograma, ou EEG. Eletrodos são colocados (sem dor) no couro cabeludo, exatamente como um monitor cardíaco seria afixado ao seu dedo, pulso ou peito. O EEG é extraordinariamente sensível ao sincronismo dos disparos neurais, podendo detectar atividades com uma resolução de um milésimo de segundo (um milissegundo). No

entanto, tem certas limitações; não é capaz, por exemplo, de distinguir se a atividade neural está liberando neurotransmissores estimulantes, inibidores ou moduladores. Como a assinatura elétrica gerada pelo disparo de um único neurônio é relativamente fraca, o EEG capta apenas o disparo sincrônico de grandes grupos de neurônios.

O EEG também tem uma resolução espacial limitada, ou seja, uma capacidade limitada para determinar a localização dos disparos neurais, em consequência do que é conhecido como problema Poisson invertido. Imagine-se de pé num estádio de futebol dotado de uma grande cúpula semitransparente. Tendo nas mãos uma lanterna, você a aponta na direção da superfície interna da cúpula. Enquanto isso, de uma posição elevada do lado de fora, eu tenho de determinar o ponto exato em que você se encontra. Você poderia estar em qualquer localização do campo de futebol e projetar a luz exatamente no mesmo ponto no centro da cúpula, e do lugar onde eu me encontro, o resultado visual será o mesmo. Poderia haver ligeiras diferenças no ângulo ou no brilho da luz, mas qualquer tentativa minha de determinar onde você se encontra não passaria de adivinhação. E se você resolvesse rebater o facho de luz em espelhos e outras superfícies refletoras antes de fazê-lo chegar à cúpula, eu ficaria ainda mais perdido. É o que acontece com os sinais elétricos que podem ser gerados de múltiplas fontes no cérebro, a partir de sua superfície ou do interior profundo dos sulcos (*sulci*), podendo ricochetear neles antes de atingir o eletrodo na superfície externa do couro cabeludo. Ainda assim, o EEG tem contribuído para o entendimento do comportamento musical, pois a música se desenrola no tempo, e o EEG é a ferramenta que dispõe da melhor resolução temporal entre aquelas que costumamos usar para estudar o cérebro humano.

Várias experiências realizadas por Stefan Koelsch, Angela Friederici e seus colegas nos permitiram aprender a respeito dos circuitos neurais envolvidos na estrutura musical. Os cientistas executam sequências de acordes que se resolvem da maneira habitual ou de forma inesperada. Ao ser executado o acorde, observa-se uma atividade elétrica associada no cérebro à estrutura musical dentro de 150-400 milissegundos (ms) e uma atividade associada ao significado musical aproximadamente 100-150 ms depois. O processamento estrutural — a sintaxe musical — foi

localizado nos lobos frontais de ambos os hemisférios, em áreas adjacentes ou sobrepostas às regiões que processam a sintaxe da fala, como a área de Broca, e se manifesta independentemente de terem ou não os ouvintes algum treinamento musical. As regiões envolvidas na semântica musical — a atribuição de significado a uma sequência tonal — aparentemente se situam nas partes ulteriores do lobo temporal de ambos os lados, perto da área de Wernicke.

O sistema musical do cérebro parece funcionar independentemente do linguístico; indicações nesse sentido provêm de muitos estudos de caso de pacientes que, tendo sofrido lesões, perderam uma das duas faculdades, mas não ambas. O caso mais famoso talvez seja o de Clive Wearing, músico e regente que sofreu lesão cerebral causada por encefalite herpética. Segundo relato de Oliver Sacks, Clive perdeu toda a memória, exceto a de fatos musicais e relacionados à sua mulher. Existem relatos de outros casos nos quais o paciente perdeu a memória musical, mas reteve a linguística e outras. Com a deterioração de partes de seu córtex esquerdo, o compositor Ravel perdeu o senso das alturas, mas reteve o dos timbres, déficit que inspirou a composição do *Bolero*, obra que enfatiza as variações tímbricas. A explicação mais cautelosa é que a música e a linguagem efetivamente compartilham certos recursos neurais, mas, ainda assim, seguem trilhas independentes. A proximidade dos processamentos musical e da fala nos lobos frontal e temporal, assim como sua parcial sobreposição, parece indicar que os circuitos neurais que vêm a ser recrutados para a música e a linguagem têm uma origem indiferenciada. A experiência e o desenvolvimento normal vão então diferenciando as funções de populações neuronais que começaram muito semelhantes. Devemos lembrar que na mais tenra idade os bebês são estimulados a ser sinestésicos, experimentando a vida e o mundo como uma espécie de união psicodélica de tudo que diga respeito aos sentidos; eles podem ver o número cinco como vermelho, saborear queijos cheddar em ré bemol e cheirar rosas em triângulos.

O processo de maturação estabelece distinções nas trilhas neurais à medida que as conexões são cortadas ou desbastadas. Um aglomerado de neurônios que inicialmente reagia a imagens, sons, sabores, toques e cheiros acaba evoluindo para uma rede especializada. Da mesma maneira, é possível que a música e a fala tenham começado em todos nós com

as mesmas origens neurobiológicas, regiões e redes neurais específicas. Com o enriquecimento da experiência e dos contatos, a criança acaba criando trilhas musicais e linguísticas específicas. Estas podem compartilhar certos recursos, tal como sugerido particularmente por Ani Patel em sua SSIRH — na sigla em inglês, hipótese do recurso compartilhado de integração sintática.

Meu colaborador e amigo Vinod Menon, neurocientista de sistemas na Faculdade de Medicina de Stanford, e eu nos interessamos pela confirmação das descobertas dos laboratórios de Koelsch e Friederici e pela obtenção de provas sólidas da SSIRH postulada por Patel. Para isso, precisávamos recorrer a um método diferente de estudo do cérebro, pois a resolução espacial do EEG não era suficientemente precisa para identificar a localização neural da sintaxe musical.

Como a hemoglobina do sangue é levemente magnética, as mudanças no fluxo sanguíneo podem ser rastreadas com um equipamento capaz de identificar alterações nas propriedades magnéticas. Isso é o que vem a ser um aparelho de obtenção de imagens por ressonância magnética (MRI), um enorme eletroímã que gera um relatório sobre as diferenças nas propriedades magnéticas, o qual, por sua vez, pode nos indicar, a qualquer momento, por onde o sangue está fluindo no corpo. (A pesquisa para o desenvolvimento dos primeiros escâneres de MRI foi realizada pela empresa britânica EMI, com financiamento derivado em grande parte dos lucros obtidos com os discos dos Beatles. "I Want to Hold Your Hand", e poderia perfeitamente intitular-se "I Want to Scan Your Brain" [Quero escanear seu cérebro].) Como os neurônios precisam de oxigênio para sobreviver e o sangue contém hemoglobina oxigenada, também podemos rastrear o fluxo do sangue no cérebro. Partimos do pressuposto de que os neurônios sendo disparados precisarão de mais oxigênio do que os em repouso, de modo que as regiões do cérebro envolvidas em determinada tarefa cognitiva serão exatamente as de maior fluxo sanguíneo em determinado momento. Quando utilizamos o aparelho de MRI para estudar as funções das regiões cerebrais dessa maneira, a tecnologia é chamada de MRI funcional ou fMRI.

Por meio das imagens de fMRI, podemos ver um cérebro humano funcionando no ato de pensar. Se você estiver praticando mentalmente o seu

saque no jogo de tênis, vemos o fluxo sanguíneo subindo ao córtex motor, e a resolução espacial da fMRI é suficientemente boa para vermos ativa a parte do seu córtex motor que controla o braço. Se você em seguida passar a resolver um problema de matemática, o sangue move-se para a frente, na direção dos seus lobos frontais, especialmente para as regiões associadas à solução de problemas aritméticos, e podemos ver no escaneador da fMRI esse movimento e o fluxo sanguíneo nos lobos frontais.

Será que essa ciência digna de Frankenstein, a ciência da imagística cerebral, nos permitirá algum dia ler a mente das pessoas? Tenho a satisfação de informar que a resposta provavelmente é não, e absolutamente não no caso do futuro previsível. O motivo é que os pensamentos são simplesmente complicados demais, envolvendo muitas regiões diferentes do cérebro. Usando a fMRI, posso afirmar que você está ouvindo música e não assistindo a um filme mudo, mas ainda não somos capazes de dizer se você está ouvindo hip-hop ou canto gregoriano, muito menos que canção específica está ouvindo ou quais pensamentos passam pela sua cabeça.

Graças à alta resolução espacial da fMRI, pode-se dizer com variação de apenas um ou dois milímetros onde algo está ocorrendo no cérebro. O problema, todavia, é que a resolução temporal da fMRI não é particularmente boa, em virtude do tempo necessário para que o sangue seja redistribuído pelo cérebro, fenômeno conhecido como defasagem hemodinâmica. Mas outros já haviam estudado o *quando* do processamento da sintaxe e da estrutura da música; nós queríamos saber a respeito do *onde* e, especialmente, se o *onde* mobilizava áreas que já se sabiam dedicadas à fala. Constatamos exatamente o que havíamos previsto. O ato de ouvir música e estar atento às suas características sintáticas — sua estrutura — ativava uma região específica do lado esquerdo do córtex frontal chamada porção orbitária, uma subseção da região conhecida como Área de Brodmann 47. A região que encontramos em nosso estudo evidenciava certo grau de sobreposição com anteriores estudos de estrutura da linguagem, mas também tinha certas ativações absolutamente próprias. Além da ativação do hemisfério esquerdo, constatamos outra numa área análoga do hemisfério direito. Isso nos mostra que a identificação das estruturas em música mobiliza ambas as metades do cérebro,

ao passo que a identificação das estruturas da linguagem ativa apenas a parte esquerda.

O mais surpreendente foi que as regiões do hemisfério esquerdo ativadas na identificação das estruturas musicais eram exatamente as mesmas que se mobilizam quando pessoas surdas se comunicam por meio da linguagem de sinais, o que sugere que essa região não simplesmente processava uma sequência de acordes ou frase falada. Tínhamos diante de nós uma região que reagia à visão — à organização visual de palavras transmitida por meio da American Sign Language, a codificação americana da linguagem de sinais para surdos-mudos. Encontramos provas da existência de uma região cerebral que processa estruturas em geral, quando estas se manifestam no tempo. Embora as entradas nessa região devam proceder de diferentes populações neurais, devendo as saídas atravessar diferentes redes, havíamos encontrado uma região que se manifestava em qualquer tarefa que envolvesse a organização de informações no tempo.

A imagem da organização neural na música ia ficando mais clara. Todos os sons têm início no tímpano. Imediatamente são segregados por altura. Não muito depois, a fala e a música provavelmente se separam em circuitos de processamento distintos. Os circuitos da fala decompõem o sinal para identificar fonemas individuais, as consoantes e as vogais que formam nosso alfabeto e sistema fonético. Os circuitos da música começam a decompor o sinal e a analisar separadamente altura, timbre, contorno e ritmo. A saída dos neurônios que desempenham tais tarefas faz a ligação com regiões do lobo frontal que tentam descobrir se existe alguma estrutura ou ordem nos padrões temporais que se manifestam. Os lobos frontais acessam o hipocampo e regiões do interior do lobo temporal, perguntando se existe em nossos bancos de memória algo capaz de ajudar a entender esse sinal. Já ouvi esse padrão específico alguma vez antes? Quando? O que ele significa? Faria parte de uma sequência mais ampla cujo significado se vai desvendando agora diante de mim?

Tendo estabelecido com mais precisão algo sobre a neurobiologia da estrutura e das expectativas musicais, nós agora podemos investigar os mecanismos cerebrais por trás da emoção e da memória.

CAPÍTULO 5

Você sabe o meu nome, procure o número

COMO CATEGORIZAR A MÚSICA

Uma de minhas mais antigas lembranças musicais remete-me aos 3 anos de idade, deitado debaixo do piano de cauda da família enquanto minha mãe tocava. Estirado no felpudo tapete de lã verde, com o piano por cima de mim, eu via apenas as pernas de minha mãe movimentando os pedais para cima e para baixo, mas era o som que me arrebatava completamente! Estava por toda parte, vibrando através do piso e do meu corpo, as notas graves à minha direita, as agudas, à esquerda. Os acordes densos e altissonantes de Beethoven; os turbilhões de notas dançantes e acrobáticas de Chopin; os ritmos estritos, quase militares de Schumann, alemão, como minha mãe. Com esses compositores — entre as minhas primeiras lembranças musicais —, o som me fazia mergulhar num transe, transportando-me para paisagens sensoriais que eu nunca visitara. O tempo parecia parar enquanto a música tocava.

Em que diferem as lembranças musicais de outras? Como se explica a capacidade da música de desencadear em nós lembranças que de outra maneira estariam para sempre enterradas ou perdidas? E como a expectativa leva à experiência da emoção na música? Como reconhecemos as canções que já ouvimos?

O reconhecimento de melodias envolve a interação de complexas computações neurais com a memória. Requer que o cérebro ignore certas características enquanto focalizamos nossa atenção apenas naquelas que não variam de uma audição para outra, assim identificando as propriedades invariáveis de uma canção. Ou seja, o sistema de computação do cérebro deve ser capaz de separar os aspectos de uma canção que se

mantêm idênticos àqueles que constituem variações de um momento único ou àqueles que são específicos de uma apresentação em particular. Se o cérebro não procedesse assim, toda vez que ouvíssemos uma canção tocada mais forte acharíamos que era uma outra completamente diferente! E a intensidade não é o único parâmetro que pode ser alterado sem afetar a identidade subjacente da canção. A instrumentação, o andamento e a altura podem ser considerados irrelevantes do ponto de vista do reconhecimento de uma melodia. No processo de abstração das características essenciais à identidade de uma canção, as alterações dessas características devem ser deixadas de lado.

O reconhecimento de melodias aumenta drasticamente a complexidade do sistema neural necessário para processar a música. A separação das propriedades invariáveis das momentâneas constitui um gigantesco problema de computação. Trabalhei no fim da década de 1990 para uma empresa de internet que desenvolveu programas de identificação de arquivos de MP3. Muitas pessoas têm arquivos de áudio em seus computadores, dos quais muitos não têm nome ou têm nomes com erros. Ninguém quer percorrer arquivo por arquivo para corrigir erros de ortografia, como "Etlon John", ou nomes de canções, como no caso de "My Aim Is True", de Elvis Costello, substituindo-o por "Alison" (a frase *my aim is true* é o refrão do coro, mas não o título da canção).

Era relativamente fácil resolver esse problema de atribuição automática de nomes; cada canção tem suas "impressões digitais", e bastava descobrir como buscar de maneira eficiente um banco de dados de meio milhão de canções para identificar corretamente aquela da qual se tratava. Esse procedimento é chamado de "mesa de busca" pelos cientistas da computação. Equivale a buscar seu número na previdência social dando seu nome e data de nascimento: presumivelmente apenas um número previdenciário estará associado a determinado nome e respectiva data de nascimento. Da mesma forma, haverá uma única sequência de valores digitais representando a sonoridade global de determinada execução de uma canção. O programa funciona magnificamente nessa busca. O que não é capaz de fazer é encontrar outras versões da mesma canção no banco de dados. Eu posso ter oito versões de "Mr. Sandman" no meu

disco rígido, mas se submeter a versão de Chet Atkins ao programa e pedir-lhe que encontre outras versões (como as de Jim Campilongo ou das Chordettes), ele não será capaz, pois o fluxo digital de números que gera o arquivo MP3 não nos fornece nada prontamente traduzido em melodia, ritmo ou intensidade, e ainda não sabemos como fazer essa tradução. Nosso programa teria de ser capaz de identificar intervalos melódicos e rítmicos relativamente constantes, ao mesmo tempo ignorando detalhes relativos à performance. O cérebro faz isso com facilidade, mas ninguém inventou um computador que sequer chegue perto de desempenhar essa tarefa.

A diferença de capacitação entre computadores e seres humanos está ligada a um debate sobre a natureza e a função da memória no homem. Experiências recentes na área da memória musical nos forneceram indicações decisivas nesse sentido. Nos cem últimos anos, o grande debate entre os teóricos da memória tem-se voltado para a questão de saber se a memória humana e animal é relacional ou absoluta. A escola relacional sustenta que nosso sistema mnemônico arquiva informações a respeito das relações entre os objetos e as ideias, mas não necessariamente detalhes sobre os próprios objetos. Esta também é conhecida como a visão *construtivista*, por inferir que, carecendo de elementos sensoriais específicos, nós *construímos* uma representação mnemônica da realidade com base nessas relações (com muitos detalhes acrescentados ou reconstruídos na hora). Os construtivistas consideram que é função da memória ignorar os detalhes irrelevantes, preservando o essencial. A teoria concorrente é a da *preservação de registros*. Seus adeptos sustentam que a memória é como um gravador de fita ou uma câmera de vídeo digital, preservando exatamente a totalidade ou a maioria de nossas experiências — e com fidelidade quase perfeita.

A música desempenha um papel nesse debate porque — como observaram os psicólogos da gestalt há mais de cem anos — as melodias se definem por relações de altura (um ponto de vista construtivista), mas, apesar disso, são constituídas por alturas precisas (ponto de vista da preservação de registros, mas somente se as alturas estiverem codificadas na memória).

Grande quantidade de provas tem socorrido os dois pontos de vista. As que corroboram os construtivistas provêm de estudos em que as pessoas ouvem alguém falar (memória auditiva) ou são convidadas a ler um texto (memória visual) para em seguida informar o que ouviram ou leram. Em sucessivos estudos, os participantes não se mostram muito eficientes na recriação de um relato palavra por palavra. Lembram-se do conteúdo genérico, mas não dos enunciados específicos.

Vários estudos também assinalam a maleabilidade da memória. Intervenções aparentemente sem importância podem afetar muito a precisão da recuperação mnemônica. Uma importante série de estudos foi realizada na Universidade de Washington por Elizabeth Loftus, investigando a precisão dos depoimentos de testemunhas judiciais. Os participantes assistiam a videotapes e eram entrevistados sobre o conteúdo. Depois de ver dois carros em movimento que mal raspavam um no outro, um grupo de participantes tinha de responder à pergunta "Em que velocidade estavam os carros quando se rasparam?", enquanto outro recebia a pergunta "Em que velocidade estavam os carros quando colidiram?". Esse tipo de substituição de apenas um verbo ou palavra gerava drásticas diferenças nas avaliações das testemunhas quanto à velocidade dos dois veículos. Loftus voltava então a reunir os participantes, às vezes até uma semana depois, e perguntava: "Havia muito vidro estilhaçado?" (Na verdade, não havia vidro estilhaçado.) Os participantes que haviam respondido à pergunta contendo o verbo *colidir* tinham mais probabilidade de afirmar que "se lembravam" de ter visto vidro estilhaçado no vídeo. A memória sobre o que efetivamente haviam visto fora reconstruída com base numa simples pergunta feita uma semana antes.

Descobertas como essa levaram os pesquisadores a concluir que a memória não é particularmente exata, sendo constituída a partir de elementos disparatados que, por sua vez, podem já não ser precisos. A recuperação mnemônica (e talvez também o armazenamento mnemônico) passa por um processo semelhante ao do preenchimento perceptivo. Você alguma vez já tentou relatar um sonho a alguém na manhã seguinte? Nossa memória dos sonhos costuma manifestar-se em fragmentos imagísticos, e as transições entre os elementos nem sempre são claras. À medida que

contamos o sonho, percebemos as falhas, e é quase impossível impedir-nos de preenchê-las enquanto vamos desenrolando a narrativa. Você poderia começar assim: "Eu estava em pé no alto de uma escada do lado de fora, ouvindo um concerto de Sibelius, e caía do céu uma chuva de doces..." Mas na imagem seguinte você aparece no meio da escada. Automaticamente preenchemos a informação faltante. "Decidi me proteger daquela chuva de doces e comecei a descer a escada até um ponto onde sabia que encontraria abrigo..."

É o lado esquerdo do cérebro falando (e provavelmente a região chamada córtex orbitofrontal, logo atrás da sua têmpora esquerda). Quando inventamos uma história, é quase sempre obra desse hemisfério esquerdo, que cria histórias com base nas informações limitadas que recebe. Geralmente acerta, mas pode dar muitas voltas para parecer coerente. Foi o que Michael Gazzaniga descobriu em seu trabalho com pacientes comissurotomizados — pacientes com os dois hemisférios do cérebro separados cirurgicamente para aliviar uma condição epilética sem possibilidade de tratamento. Boa parte das informações de entrada e saída do cérebro são contralaterais: o cérebro esquerdo controla os movimentos na metade direita do corpo, processando as informações que são vistas pelo nosso olho direito. Uma imagem da garra de uma galinha foi mostrada ao hemisfério esquerdo de um paciente, e uma casa coberta de neve, ao hemisfério direito (através, respectivamente, de seu olho direito e do esquerdo). Uma barreira limitava a visão de cada olho a uma única imagem. O paciente foi então convidado a escolher, dentre uma variedade de imagens, a que mais se aproximava de cada um dos dois itens. Apontou para uma galinha com o hemisfério esquerdo (ou seja, a mão direita) e para uma pá com o direito. Até aqui, tudo bem; galinha tem a ver com garra, e pá, com uma casa coberta de neve. Entretanto, quando Gazzaniga afastou a barreira e perguntou ao paciente por que havia escolhido a pá, o hemisfério esquerdo viu ao mesmo tempo a galinha e a pá, inventando uma história coerente com as duas imagens. "A pá é necessária para limpar o galinheiro", respondeu o paciente, sem ter consciência de que vira uma casa coberta de neve (com a parte não verbal de seu cérebro, a direita) ou de que estivesse inventando uma explicação na hora. Mais uma prova em favor dos construtivistas.

No início da década de 1960, no Massachusetts Institute of Technology (MIT), Benjamim White deu prosseguimento às pesquisas dos psicólogos da gestalt, que se perguntavam como é possível uma canção preservar sua identidade apesar das transposições de altura e andamento. White passou a alterar sistematicamente canções conhecidas como "Deck the Halls" e "Michael, Row Your Boat Ashore". Em certos casos, transpunha todas as alturas, em outros, alterava as distâncias entre elas para que o contorno fosse preservado, mas o tamanho dos intervalos era diminuído ou ampliado. Tocava melodias de trás para a frente e de frente para trás e lhes alterava o ritmo. Em quase todos os casos, a melodia deformada era reconhecida com uma frequência que não podia ser atribuída apenas à sorte ou ao acaso.

White demonstrou que a maioria dos ouvintes é capaz de reconhecer uma canção transposta quase imediatamente e sem erro, assim como reconheciam todos os tipos de deformação da melodia original. A interpretação construtivista disso é que o sistema mnemônico deve estar extraindo informações generalizadas e invariáveis sobre as canções e tratando de armazená-las. Se a explicação da preservação de registros estivesse certa, afirmam, seriam necessários novos cálculos toda vez que ouvíssemos uma canção transposta, enquanto nosso cérebro se empenha na comparação da nova versão com a única representação que temos armazenada da verdadeira execução. Aqui, no entanto, parece que a memória extrai uma generalização abstrata para uso posterior.

A explicação da preservação de registro segue uma velha ideia de meus pesquisadores favoritos, os psicólogos da gestalt, segundo os quais toda experiência deixa um traço ou resíduo no cérebro. Segundo eles, as experiências são armazenadas como traços que vêm a ser reativados quando recuperamos os episódios da memória. Essa teoria se escora em uma boa quantidade de comprovações experimentais. Roger Shepard mostrou centenas de fotografias a voluntários, cada uma por apenas alguns segundos. Uma semana depois, convidou-os de volta ao laboratório, onde lhes mostrou pares de fotografias que haviam sido vistas anteriormente, assim como algumas outras ainda inéditas. Em muitos casos, as "novas" fotos apresentavam apenas sutis diferenças em relação às anteriores, como

o ângulo de inclinação de um barco a vela ou o tamanho de uma árvore ao fundo. Os voluntários conseguiram lembrar-se com espantosa precisão das fotos que haviam visto uma semana antes.

Douglas Hintzman realizou um estudo no qual eram mostradas aos sujeitos letras maiúsculas e minúsculas que diferiam na fonte. Por exemplo:

F l *a* *u* t a

Ao contrário do que indicam os estudos sobre a memória essencial, os participantes conseguiram lembrar-se da fonte específica.

Também sabemos, anedoticamente, que as pessoas são capazes de reconhecer centenas, se não milhares de vozes. Você provavelmente reconhece, com apenas uma palavra, a voz de sua mãe, ainda que ela não se identifique. Será capaz de distinguir imediatamente a voz de seu cônjuge, e também se ele ou ela está resfriado ou com raiva de você, simplesmente pelo timbre de sua voz. E existem também vozes muito conhecidas — dezenas, se não centenas, que a maioria das pessoas pode identificar prontamente: Woody Allen, Richard Nixon, Drew Barrymore, W. C. Fields, Groucho Marx, Katharine Hepburn, Clint Eastwood, Steve Martin. Podemos reter na memória o som dessas vozes, não raro enunciando conteúdos conhecidos ou tiradas famosas. Lembramos as palavras e vozes específicas, não apenas o essencial, o que corrobora a teoria da preservação de registros.

Por outro lado, gostamos de ouvir os comediantes que imitam as vozes de celebridades, muitas vezes usando nos números mais engraçados frases que a verdadeira celebridade nunca disse. Para que isso funcione, precisamos ter armazenado algum traço mnemônico do timbre da voz da pessoa, independentemente das palavras usadas, o que poderia ir de encontro à teoria da preservação de registros, mostrando que somente as propriedades abstratas da voz são codificadas na memória, e não os detalhes específicos. Mas poderíamos argumentar que o timbre é uma propriedade que pode ser separada de outros atributos do som; podemos nos ater a nossa teoria mnemônica "de preservação dos registros" afirmando

que estamos codificando valores tímbricos específicos na memória e ainda assim explicar por que somos capazes de reconhecer o som de uma clarineta, ainda que esteja tocando uma melodia que nunca ouvimos.

Um dos casos mais famosos na literatura neuropsicológica é o de um paciente russo conhecido apenas pela inicial S., que procurou o médico A. R. Luria. S. sofria de hipermnésia, o oposto da amnésia: em vez de esquecer tudo, lembrava-se de tudo. Não era capaz de dar-se conta de que diferentes visões de uma pessoa estavam relacionadas a um único indivíduo. Quando via uma pessoa sorrindo, era um rosto; se ela mais tarde franzisse a face, era outro rosto. S. tinha dificuldade de integrar as diferentes expressões e ângulos de visão de uma pessoa numa representação única e coerente dessa pessoa. Queixou-se então ao Dr. Luria: "As pessoas têm tantos rostos!" S. não era capaz de formar generalizações abstratas, mas seu sistema de preservação dos registros estava intacto. Para entender a linguagem falada, precisamos deixar de lado as variadas maneiras como as pessoas pronunciam as palavras ou a forma de uma mesma pessoa pronunciar determinado fonema em diferentes contextos. Como poderia a teoria da preservação dos registros coadunar-se com isso?

Os cientistas gostam de evoluir num universo organizado. Aceitar a coexistência de duas teorias com pontos de vista diferentes não é cientificamente interessante. Preferiríamos manter bem arrumadinho nosso mundo lógico e escolher uma teoria em detrimento de outra ou criar uma terceira teoria unificadora que explicasse tudo. Qual explicação, então, está certa? A da preservação dos registros ou a construtivista? Para resumir, nenhuma das duas.

A pesquisa que acabo de relatar foi realizada na mesma época em que se efetuavam trabalhos pioneiros sobre categorias e conceitos. A categorização é uma função básica dos seres vivos. Cada objeto é único, mas frequentemente reagimos a diferentes objetos como membros de classes ou categorias. Aristóteles lançou as bases do método pelo qual os filósofos e cientistas modernos pensam sobre a formação de conceitos na mente humana. Ele sustentava que as categorias resultam de listas de características definidoras. Temos na mente, por exemplo, uma representação

interna da categoria "triângulo". Ela contém uma imagem mental de cada um dos triângulos que já vimos e dos que podemos imaginar. Essencialmente, o que constitui essa categoria e determina seus limites (o que entra e o que fica de fora) é uma definição que poderia ser algo como: "O triângulo é uma figura de três lados." Se você acumulou conhecimentos matemáticos, sua definição poderia ser mais sofisticada: "Um triângulo é uma figura fechada de três lados cujos ângulos internos somam 180 graus." Poderíamos acrescentar a essa definição subcategorias de triângulos, como por exemplo: "Um triângulo isósceles tem dois lados iguais; um triângulo equilátero tem três lados iguais; num triângulo retângulo, a soma do quadrado dos lados é igual ao quadrado da hipotenusa."

Existem categorias para todos os tipos de elementos, vivos ou inanimados. Ao nos depararmos com um novo item — um triângulo, um cão etc. —, tratamos de incluí-lo numa categoria, a partir da análise de suas propriedades e da comparação com a definição da categoria, segundo Aristóteles. A partir de Aristóteles, passando por Locke e até os dias atuais, as categorias são consideradas uma questão de lógica, estando todos os objetos dentro ou fora de alguma categoria.

Passados 2.300 anos sem avanços substanciais na questão, Ludwig Wittgenstein fez uma pergunta simples: O que é um jogo? Teve início, então, um verdadeiro renascimento das investigações empíricas sobre a formação de categorias. Até que Eleanor Rosch dedicou sua tese de graduação em filosofia no Reed College de Portland, Oregon, a Wittgenstein. Rosch passara anos planejando formar-se em filosofia, mas diria mais tarde que bastou um ano com Wittgenstein para "curar-se" completamente dessa área. Sentindo que a filosofia contemporânea chegara a um beco sem saída, perguntou-se como poderia estudar ideias filosóficas empiricamente, como poderia descobrir novos fatos filosóficos. Quando eu lecionava na Universidade da Califórnia em Berkeley, onde ela é professora, ouvi-a dizer que considerava que a filosofia já fizera tudo o que poderia fazer a respeito dos problemas do cérebro e da mente, e que seria necessário entrar no terreno da experimentação para ir adiante. Hoje, no seu rastro, muitos psicólogos cognitivos consideram que uma boa designação do nosso campo da investigação é a "filosofia

empírica", vale dizer, abordagens experimentais de questões e problemas que tradicionalmente pertenciam ao domínio dos filósofos: Qual é a natureza da mente? De onde vêm os pensamentos? Os caminhos de Rosch levaram-na a Harvard, onde obteve o seu Ph.D. em psicologia cognitiva. Sua tese de doutoramento mudou nossa maneira de pensar as categorias.

Wittgenstein desferiu o primeiro golpe em Aristóteles ao puxar o tapete das definições estritas sobre o que é uma categoria. Usando como exemplo o elemento "jogos", ele sustentava que não existe uma definição ou um conjunto de definições capaz de abranger todos os jogos. A título de exemplo, poderíamos dizer que um jogo (a) é praticado por divertimento ou recreação, (b) é uma atividade de lazer, (c) é uma atividade mais frequente entre as crianças, (d) tem certas regras, (e) é de certa forma competitivo, (f) envolve duas ou mais pessoas. Mas podemos encontrar contraexemplos para cada um desses elementos, mostrando que as definições não se sustentam: (a) Nos Jogos Olímpicos, os atletas se divertem? (b) O futebol profissional é uma atividade de lazer? (c) O pôquer é um jogo, assim como o *jai alai*, mas não é mais frequente entre as crianças. (d) Uma criança jogando uma bola contra um muro está se divertindo, mas quais são as regras? (e) O jogo da amarelinha não é competitivo. (f) O paciência não envolve duas ou mais pessoas. Como podemos desenredar-nos dessa dependência das definições? Haveria uma alternativa?

Wittgenstein propunha que a integração numa categoria não fosse determinada por uma definição, mas por uma semelhança de família. Damos a alguma coisa o nome de jogo se ela se assemelha a outras coisas que anteriormente já chamamos de jogo. Se comparecermos à reunião de família de Wittgenstein, podemos constatar que certas características são compartilhadas por alguns membros da família, mas que não existe nenhuma característica física que alguém deva positiva e absolutamente ter para ser membro dessa família. Aquele primo pode ter os olhos da tia Tessie; aquele outro, o queixo de Wittgenstein. Certos membros da família terão a testa do avô, outros, os cabelos ruivos da avó. Em vez de recorrer a uma relação estática de definições, a semelhança de família

baseia-se numa lista de características que podem ou não estar presentes e que podem ser dinâmicas: a certa altura, os cabelos ruivos podem desaparecer da linhagem familiar, de modo que simplesmente os eliminamos de nossa lista de características. Se voltarem a aparecer várias gerações depois, voltamos a introduzi-los em nosso sistema conceitual. Essa ideia presciente constitui a base da mais interessante teoria contemporânea sobre a memória, os modelos de memória de múltiplos traços em que trabalhou Douglas Hintzman e que recentemente vieram a ser desenvolvidos por um brilhante cientista cognitivo do Arizona chamado Stephen Goldinger.

Seria possível definir a *música* por meio de definições? O que dizer dos diferentes tipos de música, como a heavy metal, a clássica ou a country? Tentativas dessa natureza certamente fracassariam, como no caso dos "jogos". Poderíamos, por exemplo, dizer que o heavy metal é um gênero musical que tem (a) guitarras elétricas distorcidas; (b) percussão pesada em grande volume; (c) três acordes, ou acordes de força; (d) solistas vocais sexy, geralmente sem camisa, suando muito e sacudindo o microfone pelo palco como se fosse uma corda; (e) *umlauts* nos nomes dos grupos. Mas é fácil refutar essa lista de definições. Embora a maioria das canções heavy metal apresente guitarras elétricas distorcidas, também as encontramos em "Beat It", de Michael Jackson — na verdade, Eddie Van Halen (o deus do heavy metal) é que toca o solo de guitarra nessa canção. Até os Carpenters têm uma canção com guitarra distorcida, e ninguém poderia considerá-los músicos de "heavy metal". Led Zeppelin — o suprassumo das bandas de heavy metal e possivelmente aquela que criou o gênero — tem várias canções sem guitarras distorcidas ("Bron-y-aur", "Down by the Seaside", "Goin' to California", "The Battle of Nevermore"). "Stairway to Heaven", do Led Zeppelin, é um hino do heavy metal, mas não apresenta percussão pesada e em grande volume (nem, por sinal, guitarras distorcidas) em 90% de sua execução, e tampouco é feita de apenas três acordes. E muitas outras canções apresentam três acordes e acordes de força, mas nada têm a ver com heavy metal, entre elas a maioria das canções de Raffi. Metallica com certeza é uma banda de heavy metal, mas nunca encontrei alguém que conside-

rasse seu principal vocalista sexy, e embora Mötley Crüe, Blue Öyster Cult, Motörhead, Spinal Tap e Queensrÿche ostentem gratuitamente seus *umlauts*, muitas bandas de heavy metal não o fazem: Led Zeppelin, Metallica, Black Sabbath, Def Leppard, Ozzie Osbourne, Triumph etc. As definições de gêneros musicais não são muito úteis; dizemos que algo é heavy metal quando se assemelha ao heavy metal — a semelhança de família.

Munida de seu conhecimento de Wittgenstein, Rosch decidiu que um elemento pode ser parcialmente membro de uma categoria; em vez do tudo ou nada em que acreditava Aristóteles, existem nuances de filiação, graus de adequação a uma categoria e sutis variações. O pintarroxo é um pássaro? A maioria das pessoas diria que sim. A galinha é um pássaro? E o pinguim? A maioria das pessoas diria que sim depois de uma breve pausa, mas logo acrescentaria que as galinhas e os pinguins não são exemplos muito bons de pássaros, nem típicos da categoria. Isso se reflete na fala do dia a dia, quando usamos ressalvas linguísticas como "A galinha é *tecnicamente* um pássaro" ou "Sim, o pinguim é um pássaro, mas não voa como a maioria dos pássaros". Nos passos de Wittgenstein, Rosch demonstrou que as categorias nem sempre têm limites claros; eles normalmente são nebulosos. As questões de filiação são alvo de debate, e pode haver divergências de opinião: O branco é uma cor? O hip-hop é realmente música? Se os membros do Queen que ainda estão vivos tocarem sem Freddy Mercury, ainda estarei assistindo a um show do Queen (e a entrada valeria US$ 150)? Rosch mostrou que as pessoas podem discordar sobre a categorização (o pepino é um legume ou uma fruta?) ou mesmo duvidarem de si mesmas sobre determinada categoria (será que fulano de tal é meu amigo?).

A segunda constatação de Rosch foi que todas as experiências anteriores sobre categorias recorriam a conceitos artificiais e a séries de estímulos artificiais que pouco tinham a ver com o mundo real. E essas experiências controladas em laboratório eram inadvertidamente montadas de tal modo que acabavam estabelecendo um viés favorável às teorias de seus promotores! Isso chama a atenção para um problema recorrente de toda ciência empírica: a tensão entre o controle experimen-

tal rigoroso e as situações do mundo real. A questão é que, para fazer valer um dos aspectos, muitas vezes é necessário aceitar alguma acomodação no outro. O método científico requer que controlemos todas as possíveis variáveis para poder chegar a conclusões firmes sobre o fenômeno estudado. Mas esse tipo de controle frequentemente cria estímulos ou condições que nunca seriam encontrados no mundo real, situações tão distantes da realidade que nem sequer poderiam ser consideradas válidas. O filósofo britânico Alan Watts, autor de *The Wisdom of Insecurity* [A sabedoria da insegurança], oferece a seguinte formulação: para estudar um rio, não vamos tirar dele um balde d'água e observá-lo à sua margem. O rio não é a sua água; ao tirá-la do rio, perdemos sua qualidade essencial, que é o movimento, o fluxo. Rosch considerava que os cientistas tinham interrompido o fluxo das categorias ao estudá-las de modos muito artificiais. É esse, por sinal, o mesmo problema que constatamos em boa parte das pesquisas realizadas na última década no terreno da neurociência musical: são muitos os cientistas que estudam melodias artificiais utilizando sons artificiais, fenômenos tão distantes da música que não fica claro o que estamos aprendendo.

A terceira percepção de Rosch foi a de que certos estímulos ocupam uma posição privilegiada em nosso sistema perceptivo ou conceitual, tornando-se protótipos de determinadas categorias: elas se formam em torno desses protótipos. No caso do sistema perceptivo, categorias como "vermelho" e "azul" decorrem da fisiologia da retina; certas tonalidades de vermelho serão universalmente consideradas mais vívidas e centrais do que outras, pois o comprimento de onda específico da luz visível fará com que os receptores "vermelhos" de nossa retina sejam disparados em nível máximo. Formamos categorias em torno dessas cores centrais ou focais. Rosch testou esse conceito numa tribo da Nova Guiné, os dani, cujo idioma tem apenas duas palavras para designar as cores, *mili* e *mola*, que correspondem, basicamente, à luz e à escuridão.

Rosch queria demonstrar que aquilo que chamamos de vermelho, e aquilo que consideraríamos um exemplo do melhor vermelho, não é algo culturalmente determinado ou aprendido. Diante de uma amostragem de diferentes tons, não escolhemos algum deles por nos terem dito que é

o melhor vermelho, mas porque nossa fisiologia lhe confere uma posição perceptiva privilegiada. Os dani não dispõem de uma palavra para designar o vermelho em sua língua, nem, portanto, de qualquer indicação ou treinamento sobre o que constitui um bom vermelho. Rosch mostrou a seus voluntários danis fichas coloridas com dezenas de tons de vermelho, pedindo-lhes que escolhessem o melhor exemplo dessa cor. A esmagadora maioria optou pelo mesmo "vermelho" preferido pelos americanos, mostrando-se mais capaz de lembrá-lo, e o mesmo aconteceu com as outras cores que não eram capazes de designar pelo nome, como o verde e o azul. Isso levou Rosch a concluir que (a) as categorias formam-se em torno de protótipos; (b) esses protótipos podem ter uma base biológica ou fisiológica; (c) a filiação a uma categoria pode ser considerada uma questão de grau, revelando-se determinados exemplares "melhores" que outros; (d) os novos itens que surjam são avaliados em relação aos protótipos, formando gradientes de filiação à categoria; e, golpe final na teoria aristotélica, (e) não existem necessariamente atributos compartilhados por todos os membros da categoria, e os limites não precisam ser nítidos.

Realizamos em meu laboratório algumas experiências informais com gêneros musicais, chegando a resultados semelhantes. As pessoas aparentemente concordam a respeito do que seriam os exemplares prototípicos de determinadas categorias musicais, como "música country", "skate punk" e "música barroca". Também se inclinam a considerar certas canções ou grupos de canções como exemplos piores que o protótipo: os Carpenters não fazem *realmente* rock; Frank Sinatra não é *realmente* jazz, ou pelo menos não tanto quanto John Coltrane. Mesmo na categoria de um único artista, são feitas distinções e são estabelecidos matizes que implicam a existência de uma estrutura prototípica. Se alguém me pedisse para escolher uma canção dos Beatles e eu optasse por "Revolution 9" (uma gravação experimental de John Lennon e Paul McCartney, sem música original, melodia ou ritmo, que começa com um locutor repetindo "Number 9, Number 9" sem parar), alguém poderia reclamar que eu estava bancando o difícil: "*Tecnicamente,* esta canção pode ser dos Beatles, mas não era o que eu queria dizer!" Da mesma forma, o único álbum de

doo-woop da década de 1950 gravado por Neil Young (*Everybody's Rockin'*) não é representativo (ou típico) de Neil Young; a incursão de Joni Mitchell pelo jazz, em companhia de Charles Mingus, não é o que geralmente temos em mente ao pensar em Joni Mitchell. (Na verdade, Neil Young e Joni Mitchell foram ameaçados com o cancelamento de seus contratos em suas gravadoras por comporem música que não era considerada típica de Neil Young e Joni Mitchell.)

A compreensão do mundo que nos cerca começa por casos específicos e individuais — uma pessoa, uma árvore, uma canção — e, por meio da experiência com o mundo, esses objetos particulares quase sempre são tratados em nosso cérebro como membros de uma categoria. Roger Shepard descreveu em termos evolutivos a questão genérica contida em toda essa discussão. Segundo ele, os animais mais evoluídos precisam resolver três problemas básicos da relação entre aparência e realidade, ou seja, para sobreviver — encontrar alimento, água e abrigo, escapar dos predadores e reproduzir-se — o organismo deve contemplar três possibilidades.

Em primeiro lugar, os objetos, por mais semelhantes que se apresentem no aspecto, são intrinsecamente diferentes. Objetos que talvez gerem padrões de estímulo idênticos, ou quase idênticos, em nossos tímpanos, retinas, papilas gustativas ou sensores táteis podem, na realidade, ser entidades diferentes. A maçã que vi na árvore pode ser diferente da que tenho nas mãos. Os diferentes sons de violino numa sinfonia, ainda que vibrando na mesma nota, representam vários instrumentos diferentes.

Segundo, os objetos, por mais diferentes que se apresentem no aspecto, são intrinsecamente idênticos. Uma maçã parece um objeto completamente diferente se a observamos de cima ou de lado. Em seu processo, a cognição requer um sistema de computação capaz de integrar essas visões separadas numa representação coerente de determinado objeto. Mesmo quando nossos receptores sensórios recebem padrões de ativação distintos e que não se sobrepõem, precisamos processar de forma abstrata informações cruciais para a geração de uma representação unificada do objeto. Por mais que eu esteja acostumado

a ouvir sua voz pessoalmente, com ambos os ouvidos, quando o ouço pelo telefone, em apenas um deles, preciso reconhecer que se trata da mesma pessoa.

O terceiro problema da relação aparência/realidade diz respeito a processos cognitivos de ordem mais elevada. Os dois primeiros são processos perceptivos: entender que um objeto pode manifestar-se de múltiplos pontos de vista e que vários objetos podem ter pontos de vista (quase) idênticos. O terceiro problema postula que os objetos, apesar de se apresentarem de formas diferentes, são da mesma espécie natural. Trata-se de uma questão de categorização, constituindo o mais importante e avançado de todos os princípios. Todos os mamíferos mais evoluídos, muitos entre os menos evoluídos, os pássaros e até os peixes são capazes de categorizar. A categorização é uma questão de tratar objetos que parecem diferentes como pertencendo à mesma espécie: uma maçã vermelha pode parecer diferente de uma maçã verde, mas ambas continuam sendo maçãs. Minha mãe e meu pai podem parecer muito diferentes, mas ambos são pais, merecendo confiança numa emergência.

Assim é que o comportamento adaptativo depende de um sistema de computação que possa analisar a informação disponível nas superfícies sensórias segundo (1) as propriedades invariáveis do objeto ou cena exterior e (2) as circunstâncias momentâneas da manifestação de tal objeto ou cena. Leonard Meyer observa que a classificação é essencial para permitir que compositores, intérpretes e ouvintes internalizem as normas que governam as relações musicais e, portanto, para que compreendam as implicações dos padrões e percebam os desvios das normas estilísticas. Nossa necessidade de classificar, como dizia Shakespeare em *Sonho de uma noite de verão*, é conferir "ao leve nada/ Uma habitação local e um nome".

O sistema de Shepard reconfigura o problema da categorização em termos evolutivos/adaptativos. Enquanto isso, o trabalho de Rosch provocava abalos na comunidade de pesquisas, e dezenas de destacados psicólogos cognitivos começaram a estudar para reagir à sua teoria. Posner e Keele haviam demonstrado que as pessoas armazenam protótipos na memória. Numa experiência brilhante, eles criaram objetos que conti-

nham padrões de pontilhado distribuídos num quadrado — algo como a superfície de um dado, porém com uma distribuição mais ou menos aleatória dos pontos em cada face. Esses objetos foram considerados os protótipos. Em seguida, alguns dos pontos foram deslocados em aproximadamente um milímetro, em diferentes direções, o que gerou uma série de distorções do protótipo — vale dizer, variações. Em virtude da variação aleatória, alguns dos objetos não podiam ser facilmente identificados com esse ou aquele protótipo, pois as distorções simplesmente eram grandes demais.

Isso é parecido com o que um músico de jazz faz com uma canção conhecida, ou padrão. Comparando a versão de "A Foggy Day" cantada por Frank Sinatra com a de Ella Fitzgerald e Louis Armstrong, percebemos que certos ritmos e alturas variam; esperamos que um bom vocalista interprete a melodia, ainda que isso signifique alterá-la em relação à maneira como foi composta. Nas cortes europeias da época barroca e iluminista, músicos como Bach e Haydn costumavam executar variações sobre temas. A versão de "Respect" cantada por Aretha Franklin difere de maneiras bem interessantes do que foi composto e cantado por Otis Redding, mas ainda a consideramos a mesma canção. O que isso significa no que diz respeito aos protótipos e à natureza das categorias? Poderíamos dizer que as variações musicais têm uma semelhança de família? Seria cada uma das versões um conjunto de variações sobre um protótipo ideal?

Posner e Keele trataram da questão genérica das categorias e dos protótipos por meio dos estímulos dos pontos. Os voluntários examinaram folhas de papel com sucessivas versões desses quadrados pontilhados, cada um deles diferente dos outros, mas não viram os protótipos de que decorreram as variações. Não foram informados sobre o modo de estabelecimento dos padrões nem da existência de protótipos para todas as diferentes formas. Uma semana depois, foram novamente convidados a contemplar folhas de papel, algumas antigas e outras novas, e a indicar quais haviam visto anteriormente. Saíram-se bem na identificação das folhas, mas, sem que soubessem, Posner e Keele haviam introduzido os protótipos dos quais derivavam as figuras. Surpreendentemente, os vo-

luntários muitas vezes identificavam os dois protótipos até então desconhecidos como figuras que haviam visto anteriormente, o que serviu de base ao argumento de que os protótipos são armazenados na memória: de que outra forma os participantes poderiam ter identificado equivocadamente os objetos que ainda não haviam visto? Para armazenar algo que não foi visto, o sistema de memória precisa efetuar certas operações nos estímulos; é necessário que a determinada altura esteja ocorrendo algum tipo de processamento que vá além da mera preservação das informações apresentadas. Parecia o golpe fatal em qualquer teoria de preservação de registros; se existe um armazenamento de protótipos na memória, esta deve ser construtiva.

O que aprendemos com Ben White e os trabalhos posteriormente realizados por Jay Dowling, da Universidade do Texas, e outros é que a música se mostra bastante robusta frente às deformações e distorções de suas características básicas. Podemos mudar todas as alturas empregadas na canção (transposição), o andamento e a instrumentação, e ainda assim ela continuará sendo reconhecida. Podemos mudar os intervalos, as escalas e até a tonalidade, do modo maior para o menor ou vice-versa. Podemos mudar o arranjo — por exemplo, de bluegrass para rock, ou de heavy metal para clássico — e, como diz a letra do Led Zeppelin, a canção continua a mesma. Tenho uma gravação de um grupo de bluegrass, o Austin Lounge Lizards, tocando "Dark Side of the Moon", do grupo de rock progressivo Pink Floyd, com a utilização de banjos e bandolins. Tenho gravações da Orquestra Sinfônica de Londres tocando as canções dos Rolling Stones e do Yes. Mesmo com mudanças tão radicais, a canção continua sendo perfeitamente reconhecível. Tudo indica, portanto, que nosso sistema mnemônico extrai alguma fórmula ou descrição computacional que nos permite reconhecer as canções apesar dessas transformações. Ao que parece, o relato construtivista é o que mais se adequa aos dados musicais — e, segundo Posner e Keele, também à cognição visual.

Em 1990, frequentei em Stanford um curso intitulado "Psicoacústica da psicologia cognitiva para músicos", organizado conjuntamente pelos departamentos de música e psicologia. O curso era oferecido por um elenco verdadeiramente estelar de professores: John Chowning, Max

Mathews, John Pierce, Roger Shepard e Perry Cook. Os alunos tinham de realizar um projeto de pesquisa, e Perry sugeriu que eu investigasse a precisão com que as pessoas conseguem lembrar-se das alturas e, especificamente, se são capazes de aplicar valores arbitrários a essas alturas. A experiência uniria memória e categorização. As teorias dominantes afirmavam que não havia motivo para que as pessoas retivessem informações de ouvido absoluto — e o fato de que reconheçam melodias com tanta facilidade apesar das transposições corrobora essa visão. E a maioria das pessoas não é capaz de dar nome às notas, exceto uma em cada dez mil, que tem ouvido absoluto.

Por que é tão raro o ouvido absoluto (OA)? As pessoas dotadas dele são capazes de dar nome às notas com a mesma facilidade com que damos nomes às cores. Se você tocar no piano um dó sustenido para uma pessoa com OA, ela será capaz de dizer que era um dó sustenido. A maioria das pessoas, claro, não é capaz disto — nem mesmo a maioria dos músicos, a menos que estejam olhando para os seus dedos. Os indivíduos dotados de OA quase sempre podem também identificar a altura de outros sons, como buzinas de carros, o zumbido das lâmpadas fluorescentes e o tilintar de uma faca indo de encontro a um prato. Como vimos anteriormente, a cor é uma ficção psicofísica: não existe no mundo real, mas nosso cérebro impõe uma estrutura categórica — por exemplo, grandes manchas de vermelho ou azul — sobre o contínuo unidimensional da frequência das ondas luminosas. A altura também é uma ficção psicofísica, consequência do fato de nosso cérebro impor uma estrutura ao contínuo unidimensional da frequência das ondas sonoras. Podemos instantaneamente identificar uma cor pelo nome apenas olhando para ela. Por que não somos capazes de dar nome aos sons apenas ouvindo-os?

Na verdade, a maioria de nós é capaz de identificar os sons com tanta facilidade quanto identificamos as cores; mas não é a altura que identificamos, e sim o timbre. Ouvindo um som, podemos dizer instantaneamente: "É a buzina de um carro" ou "É minha avó Sadie gripada" ou "É um trompete". Identificamos o colorido tonal, mas não a altura. Ainda assim, continuamos sem saber por que certas pessoas têm OA e outras não. O falecido Dixon Ward, da Universidade de Minnesota, observou

com certa ironia que a verdadeira questão não é saber por que poucas pessoas têm OA, mas por que não o temos todos.

Li tudo o que encontrei a respeito do OA. Nos 130 anos transcorridos entre 1860 e 1990, cerca de cem artigos de pesquisa foram publicados sobre o tema. Nos 15 anos desde 1990, igual quantidade veio a público! Notei que em todos os testes de OA os voluntários eram convidados a usar um vocabulário especializado — os nomes das notas — que só os músicos realmente conhecem. Aparentemente não havia como realizar testes de OA entre pessoas que não tivessem formação musical. Ou será que havia?

Perry sugeriu que descobríssemos a facilidade que o proverbial homem das ruas poderia ter para nomear as alturas, associando-as a nomes arbitrários, como Fred ou Ethel. Pensamos em usar notas do piano, diapasões de sopro e assim por diante, e decidimos distribuir diapasões de forqueta entre pessoas sem formação musical. Elas foram instruídas a bater com os diapasões no joelho várias vezes por dia durante uma semana, segurá-lo junto ao ouvido e tentar memorizar o som. Para metade das pessoas, dissemos que seu som se chamava Fred; para a outra metade, que se chamava Ethel (os nomes dos vizinhos de Lucy e Ricky no seriado de televisão *I Love Lucy*; o sobrenome dos dois era Mertz, que rima com Hertz, uma agradável coincidência da qual só nos daríamos conta anos depois).

Metade de cada grupo tinha seus diapasões afinados no dó central, e a outra metade, no sol. Os voluntários foram liberados e ficamos com os diapasões por uma semana, até que eles voltassem ao laboratório. Metade deles foi convidada a cantar na "sua altura" e a outra metade, a identificá-la dentre três notas que eu tocava num teclado. Em sua esmagadora maioria, eles foram capazes de reproduzir ou reconhecer a "sua" nota, o que nos indicava que pessoas comuns podem lembrar-se de notas com nomes arbitrários.

Isso nos levou a pensar sobre o papel dos nomes na memória. Embora o curso tivesse terminado e eu houvesse entregado meu trabalho, subsistia nossa curiosidade sobre o fenômeno. Roger Shepard perguntou se pessoas sem formação musical poderiam ser capazes de lembrar-se das

alturas de canções de cujos nomes não estivessem informadas. Falei-lhe de um estudo de Andrea Halpern. Ela pedira a pessoas sem estudos de música que cantassem canções conhecidas como "Parabéns pra você" ou "Frère Jacques" de memória em duas oportunidades diferentes, tendo verificado que, embora tendessem a cantar em tonalidades diferentes das outras pessoas efetivamente tendiam a manter sua tonalidade nas duas ocasiões. Conclui-se, então, que haviam codificado as alturas das canções na memória de longo prazo.

Os negativistas afirmaram que tais resultados podiam ser explicados sem levar em conta o fator memória de alturas se os voluntários tivessem simplesmente recorrido à memória muscular da posição de suas cordas vocais nas duas ocasiões. (Para mim, memória muscular continua sendo uma forma de memória: aplicar um rótulo ao fenômeno não altera sua natureza.) Todavia, um estudo anterior de Ward, juntamente com seu colega Ed Burns, da Universidade de Washington, demonstrara que a memória muscular não é realmente tão boa assim. Eles pediram a pessoas que haviam estudado canto e tinham ouvido absoluto que lessem à primeira vista uma partitura musical; ou seja, os cantores, em contato com uma pauta musical que nunca tinham visto antes, tinham de cantar, valendo-se do ouvido absoluto e de sua capacidade de ler música. Normalmente essas pessoas se saem muito bem nisso. Os cantores profissionais são capazes de cantar lendo uma partitura à primeira vista, desde que lhes seja dada uma altura para começar. Entretanto, só os cantores profissionais dotados de OA conseguem cantar na tonalidade certa simplesmente lendo a partitura; isso porque têm uma espécie de gabarito ou memória interna da relação dos nomes das notas com seus sons: isso é que vem a ser OA. Em seguida, Ward e Burns entregavam fones de ouvido a seus cantores com ouvido absoluto, fazendo-os ouvir ruídos, no intuito de impedi-los de ouvir o que estavam cantando, de modo que passavam a cantar apenas com a memória muscular. A surpreendente descoberta foi de que a memória muscular não funcionava muito bem. Na média, permitia que chegassem apenas à distância de um terço de oitava do tom certo.

Sabíamos que as pessoas sem formação musical tendiam a cantar na mesma tonalidade em diferentes ocasiões. Mas queríamos levar a

ideia mais longe: qual a precisão da memória musical de uma pessoa comum? Halpern escolhera canções famosas que não têm uma tonalidade "correta" — cada vez que cantamos "Parabéns pra você", provavelmente usamos uma tonalidade diferente; alguém começa em qualquer tonalidade que lhe venha à mente e nós acompanhamos. As canções folclóricas e de festividades são entoadas com tanta frequência e por tantas pessoas que não têm uma tonalidade objetivamente correta. Isto se reflete no fato de que não existe uma gravação padrão que possa ser considerada referência no caso dessas canções. Para usar o jargão do meu campo de ação e pesquisa, diríamos que não existe uma única versão canônica.

Com as canções de rock/pop, dá-se o contrário. As canções dos Rolling Stones, do grupo The Police, dos Eagles e de Billy Joel efetivamente existem numa única versão canônica. Provavelmente já ouvimos essas canções tantas vezes quanto "Deck the Halls", mas cada vez que ouvimos, digamos, "U Can't Touch This", de M. C. Hammer, ou "New Year's Day", do U2, é na mesma tonalidade. É difícil lembrar uma versão diferente da canônica. Cabe perguntar se, depois de ouvir uma canção milhares de vezes, as alturas ficam codificadas na memória.

Para estudar essa questão, usei o método adotado por Halpern de simplesmente pedir aos voluntários que cantassem suas canções favoritas. Já sabia, de acordo com Ward e Burns, que sua memória muscular não seria suficientemente boa para que o conseguissem. Para reproduzir a tonalidade correta, eles teriam de ter mantido traços mnemônicos estáveis e precisos das alturas. Recrutei quarenta pessoas sem formação musical no *campus* e pedi-lhes que fossem ao laboratório e cantassem de memória suas canções favoritas. Deixei de fora canções com diferentes versões e também as que haviam sido gravadas mais de uma vez e, portanto, divulgadas em mais de uma tonalidade. Valemo-nos de canções como "Time and Tide", de Basia, ou "Opposites Attract", de Paula Abdul (estávamos em 1990, afinal de contas), além de canções como "Like a Virgin", de Madonna, e "New York State of Mind", de Billy Joel.

Recrutei os voluntários com uma vaga indicação de que seria feita uma "experiência com a memória". Eles receberiam cinco dólares por

cada período de dez minutos. (É assim que os psicólogos cognitivos costumam conseguir voluntários, espalhando avisos pelo *campus*. Pagamos mais em casos de estudos de imagística do cérebro, geralmente em torno de cinquenta dólares, simplesmente porque é mais desagradável ficar confinado num aparelho barulhento de escaneamento.) Muitos voluntários queixaram-se amargamente ao descobrir os detalhes da experiência. Não eram cantores, não eram capazes de cantar com facilidade, tinham medo de comprometer minha experiência. Mas consegui convencê-los a tentar ainda assim. Os resultados foram surpreendentes. Os voluntários tendiam a cantar nas alturas precisas das canções escolhidas ou muito perto delas. Pedi-lhes que cantassem uma segunda canção, e o fato se repetiu.

Era uma demonstração convincente de que as pessoas estocam informações de ouvido absoluto na memória; de que a representação de sua memória não contém apenas uma generalização abstrata da canção, mas detalhes de uma execução específica. Além de serem entoadas as alturas corretas, outras nuances das execuções também eram reproduzidas: a reprodução dos voluntários vinha enriquecida pelos maneirismos vocais dos cantores das versões originais. Por exemplo, eles reproduziam o "iiii" meio esganiçado de Michael Jackson em "Billie Jean" ou o "Hey!" entusiástico de Madonna em "Like a Virgin"; a síncope de Karen Carpenter em "Top of the World", assim como a voz áspera de Bruce Springsteen na primeira palavra de "Born in the USA". Criei uma fita na qual tínhamos o canto dos voluntários num dos canais de um sinal estéreo e a gravação original no outro; ela soava como se os voluntários estivessem cantando junto com a gravação — mas não tínhamos tocado a gravação para eles, que acompanhavam com sua representação mnemônica, e esta representação era incrivelmente precisa.

Perry e eu também constatamos que a maioria dos voluntários cantava no andamento certo. Fomos verificar se todas as canções eram cantadas no mesmo andamento, o que significaria que as pessoas tinham apenas codificado na memória um único andamento que se tornara popular. Mas assim não era, sendo grande a variedade de andamentos. Além disso, em seus relatos subjetivos da experiência, os voluntários nos dis-

seram que "cantavam acompanhando uma imagem" ou "uma gravação" que tinham na cabeça. Como isso poderia coadunar com um relato das descobertas do ponto de vista neural?

A essa altura, eu estava fazendo pós-graduação com Mike Posner e Doug Hintzman. Sempre alerta em matéria de plausibilidade neural, Posner falou-me do trabalho mais recente de Petr Janata, no qual acompanhava as ondas cerebrais de pessoas enquanto ouviam e imaginavam música. Ele utilizara o EEG, aplicando sensores que medem a atividade elétrica que emana do cérebro pela superfície do couro cabeludo. Petr e eu ficamos surpresos ao constatar que era quase impossível saber, pelos dados colhidos, se as pessoas estavam ouvindo ou imaginando música. O padrão de atividade cerebral era praticamente impossível de distinguir nos dois casos, o que indicava que usamos as mesmas regiões do cérebro para lembrar e para perceber.

O que isso significa exatamente? Quando percebemos algo, um determinado padrão de neurônios é disparado de determinada maneira frente a um estímulo específico. Embora o sistema olfativo seja igualmente ativado quando cheiramos uma rosa ou um ovo podre, circuitos neurais diferentes são usados. Cabe lembrar que os neurônios podem conectar-se entre si de milhões de maneiras diferentes. Determinada configuração de um grupo de neurônios olfativos pode sinalizar "rosa", enquanto outra sinaliza "ovo podre". Para aumentar a complexidade do sistema, os mesmos neurônios podem ter disposições diferentes associadas a diversos fenômenos da realidade. Assim é que o ato de perceber acarreta a ativação de um conjunto de neurônios interconectados de determinada maneira, originando a representação mental do objeto real. O ato de lembrar-se pode ser simplesmente o processo de recrutar aquele mesmo grupo de neurônios que usamos na percepção para nos ajudar a formar uma imagem mental durante a recordação. Nós relembramos os neurônios, indo buscá-los novamente em suas localizações disparatadas, para tornarem-se membros do clube original de neurônios que estavam ativos durante a percepção.

A existência de mecanismos neurais comuns por trás da percepção e da memória musicais ajudam a entender a permanência das canções em

nossa cabeça. Aqui, cientistas usam a expressão *vermes auditivos*, da palavra alemã *Ohrwurm*, ou simplesmente síndrome da canção presa. Foram relativamente poucos os trabalhos científicos nessa matéria. Sabemos que a probabilidade de ataques de vermes auditivos é maior em músicos do que em pessoas sem formação musical, e que pessoas com transtorno obsessivo compulsivo (TOC) têm maior probabilidade de relatar ocorrências de vermes auditivos — em certos casos, a medicação indicada para TOC pode minimizar os efeitos. A melhor explicação de que dispomos é que os circuitos neurais que representam uma canção ficam presos em algo como um "modo de reprodução", e a canção — ou, ainda pior, um pequeno fragmento dela — é tocada repetidas vezes. As pesquisas revelaram que raramente uma canção inteira fica presa, mas sim um trecho que costuma ser de duração igual ou menor que a capacidade da memória auditiva de curto prazo ("ecoica"): aproximadamente 15 a 30 segundos. Canções simples e jingles comerciais parecem ficar presos com mais frequência que trechos musicais complexos. Essa predileção pela simplicidade tem uma equivalência na formação de nossas preferências musicais, de que tratarei no capítulo 8.

As descobertas de meu estudo com pessoas cantando suas canções favoritas em altura e andamento precisos foram replicadas em outros laboratórios, de modo que sabemos não se tratar apenas de resultados casuais. Na Universidade de Toronto, Glenn Schellenberg — por sinal, um dos integrantes originais do grupo de New Wave Martha and the Muffins — efetuou uma extensão do meu estudo, na qual tocava pedacinhos de canções do Top 40 com duração de um décimo de segundo aproximadamente, mais ou menos a duração de um estalar de dedos. Os voluntários recebiam uma relação de nomes de canções e tinham de relacioná-los aos pedacinhos ouvidos. Com trechos tão curtos, os voluntários não podiam contar com o reconhecimento da melodia ou do ritmo para identificar as canções: em todos os casos, o trechinho continha menos que uma ou duas notas. Os participantes só podiam recorrer ao timbre, a sonoridade global da canção. Na introdução, mencionei a importância do timbre para compositores e produtores. Paul Simon pensa em termos tímbricos; é a primeira coisa a que presta atenção em sua

música e na dos outros. O timbre também parece ocupar essa posição privilegiada em todos nós; os participantes do estudo de Schellenberg que não tinham formação musical conseguiram identificar canções usando apenas pistas tímbricas em boa parte do tempo. Mesmo quando os trechos eram tocados de trás para a frente, o que embaralhava dados muito conhecidos, eles continuavam reconhecendo as canções.

Se você pensar nas canções de que gosta, isso deve fazer sentido. À parte a melodia, as alturas específicas e os ritmos, certas canções simplesmente apresentam uma sonoridade geral, uma coloração sônica. Trata-se de algo semelhante àquela qualidade que faz com que as planícies do Kansas e do Nebraska tenham determinado aspecto, as florestas litorâneas do norte da Califórnia, do Oregon e de Washington, outro, e as montanhas do Colorado e de Utah, outro ainda. Antes mesmo de reconhecer qualquer detalhe numa fotografia desses lugares, apreendemos o cenário como um todo, a paisagem, a maneira como as coisas se apresentam juntas. Em grande parte da música que ouvimos, a paisagem auditiva, a sonoridade, também tem uma forma de apresentação única. Às vezes, não é algo específico das canções. É o que nos permite identificar grupos musicais mesmo quando não somos capazes de reconhecer determinada canção. Os primeiros álbuns dos Beatles têm peculiaridades tímbricas tais que permitem a muitas pessoas identificá-los, ainda que não reconheçam imediatamente a canção — mesmo que nunca a tenham ouvido antes. Essa mesma qualidade nos permite identificar imitações dos Beatles, por exemplo quando Eric Idle e seus colegas do Monty Python formaram o grupo fictício, o The Rutles, para satirizar a banda de Liverpool. Incorporando muitos dos elementos tímbricos característicos da sonoridade dos Beatles, eles criaram uma sátira realista.

As diferentes épocas da música podem também ser identificadas por apresentações tímbricas gerais, ou sonoridades. Os discos clássicos da década de 1930 e início da seguinte apresentam uma sonoridade característica, que decorre da tecnologia de gravação da época. O rock da década de 1980, o heavy metal, a música de dança de salão dos anos 1940 e o rock and roll do fim dos anos 1950 constituem épocas ou gêneros musicais perfeitamente homogêneos. Os produtores de discos conseguem

recriar esses sons no estúdio prestando atenção a certos detalhes da sonoridade: os microfones utilizados, a maneira como os instrumentos são mixados e assim por diante. E muitos de nós somos capazes de ouvir uma canção e identificar com precisão sua época. Uma das pistas é o eco, ou reverberação, usado na voz. Elvis Presley e Gene Vincent tinham um eco perfeitamente característico, no qual ouvimos uma espécie de repetição instantânea da sílaba que o vocalista acaba de cantar. É o que podemos ouvir em "Be-Bop-A-Lula", gravado por Gene Vincent e Ricky Nelson; em "Heartbreak Hotel", gravado por Elvis; e em "Instant Karma", gravado por John Lennon. E temos também a reverberação generosa e cálida obtida num espaço grande e azulejado das gravações dos Everly Brothers, como "Cathy's Clown" e "Wake Up Little Susie". Existem no timbre global dessas gravações muitos elementos característicos que identificamos com a época em que foram feitas.

Vistas globalmente, as descobertas a respeito da memória das canções populares fornecem fortes indícios de codificação de características absolutas da música na memória. E não temos motivos para pensar que a memória musical funcione de forma diferente, por exemplo, da visual, olfativa, tátil ou gustativa. Parece, portanto, que a hipótese da preservação de registros já é suficientemente corroborada para que a adotemos como modelo de funcionamento da memória. Antes, porém, o que fazer com as provas em favor da teoria construtivista? Como é tão fácil reconhecer canções transpostas, precisamos explicar de que maneira essa informação é armazenada e abstraída. E existe uma outra característica da música que todos conhecemos e que teria de ser explicada por uma teoria da memória que se sustente: somos capazes de escanear canções no ouvido de nossa mente e de imaginar transformações nelas.

Aqui vai uma demonstração baseada numa experiência conduzida por Andrea Halpern: A preposição *at* (*em*) pode ser encontrada no hino nacional americano ("The Star-Spangled Banner")? Tente lembrar-se antes de prosseguir na leitura.

Se você for como a maioria das pessoas, terá "escaneado" o hino na cabeça, cantando-o para si mesmo em andamento rápido, até chegar à frase: "What so proudly we hailed, *at* the twilight's last gleaming"

(O que saudamos com tanto orgulho, *no* último fulgor do crepúsculo). Algumas coisas bem interessantes aconteceram aqui. Em primeiro lugar, você provavelmente cantou o hino para si mesmo em andamento mais rápido que o de qualquer versão que já tenha ouvido. Se só fosse capaz de repetir uma versão específica armazenada na memória, isso não seria possível. Em segundo lugar, sua memória não é como um gravador de fita; para acelerar a reprodução de uma fita gravada, de um vídeo ou de um filme para passar a canção mais depressa, também será necessário elevar a altura. Em nossa mente, contudo, podemos alterar a altura e o andamento de maneira independente. Em terceiro lugar, quando finalmente chegou à palavra *at* (*no*) em sua mente — o seu "alvo" para responder à minha pergunta —, você provavelmente não pôde deixar de prosseguir pelo resto da frase, "the twilight's last gleaming" (último fulgor do crepúsculo) o que indica que nossa memória musical envolve uma hierarquização da codificação: nem todas as palavras têm o mesmo relevo, nem todas as partes de uma frase musical têm a mesma importância. Temos certos pontos de entrada e de saída que correspondem a frases específicas da música — também aqui, ao contrário do que acontece com um gravador.

As experiências realizadas com músicos confirmaram de outras maneiras a ideia da codificação hierárquica. A maioria deles não é capaz de começar a tocar uma peça musical que conhece em qualquer posição arbitrária; os músicos aprendem música de acordo com uma estrutura frasal hierarquizada. Grupos de notas formam unidades de prática, que se combinam em unidades maiores e afinal em frases; as frases são combinadas em estruturas como versos e coros ou movimentos, e no fim das contas tudo é reunido numa peça musical. Se pedirmos a um músico que comece a tocar algumas notas antes ou depois de um limite natural de frase, geralmente não será capaz de fazê-lo, mesmo lendo a partitura. Outras experiências mostraram que os músicos são mais rápidos e precisos para lembrar se determinada nota consta de uma peça musical caso tal nota esteja no início de uma frase ou num tempo forte. Até as notas musicais parecem encaixar-se em categorias, quando se trata de saber se constituem as notas "importantes" de uma peça ou não. Muitos cantores amadores não armazenam na memória todas as notas de uma peça

musical. O que fazemos é armazenar as notas "importantes" — mesmo sem qualquer treinamento musical, todos temos uma noção precisa e intuitiva de quais são elas — e o contorno musical. Assim, quando se trata de cantar, o amador sabe que deve passar de tal nota para outra, e preenche as que faltam na hora, sem ter memorizado explicitamente cada uma delas, o que reduz consideravelmente a carga mnemônica, permitindo maior eficiência.

Pela observação de todos esses fenômenos, podemos perceber que um dos principais avanços na teoria da memória ao longo dos cem últimos anos foi sua convergência com as pesquisas sobre conceitos e categorias. Uma coisa é certa hoje: nossa decisão a respeito da teoria da memória que pode ser considerada acertada — a teoria construtivista ou a da preservação de registros/gravador de fita — terá consequências no que diz respeito às teorias da categorização. Quando ouvimos uma nova versão de nossa canção favorita, reconhecemos que se trata basicamente da mesma canção, apesar da apresentação diferente; nosso cérebro situa a nova versão numa categoria formada por todas as versões que já ouvimos dessa canção.

No caso dos verdadeiros fãs de música, é possível até que um protótipo seja deslocado em favor de outro, com base no conhecimento que eles vão adquirindo. Veja-se, por exemplo, a canção "Twist and Shout". Você pode tê-la ouvido incontáveis vezes, tocada por bandas se apresentando ao vivo em diferentes bares e Holiday Inns, como também pode ter ouvido as gravações dos Beatles e dos Mamas and the Papas. Uma dessas duas últimas versões pode até ser o seu protótipo no caso dessa canção. Mas se eu lhe disser que os Isley Brothers fizeram o maior sucesso com ela dois anos antes da gravação dos Beatles, você pode reorganizar sua categoria para acomodar essa nova informação. O fato de você poder proceder a essa reorganização a partir de um processo de cima para baixo indica que a teoria do protótipo de Rosch não nos diz tudo sobre categorias. A teoria do protótipo tem uma estreita ligação com a teoria construtivista da memória, na medida em que detalhes dos casos individuais são descartados, sendo armazenada a essência da generalização abstrata — tanto no sentido do que está sendo armazenado como traço mnemônico quanto no do que é armazenado como memória central da categoria.

A versão da memória de preservação de registros também tem uma correlação na teoria da categorização, chamada teoria exemplar. Por mais importante que fosse a teoria do protótipo e por melhor que explicasse tanto nossas intuições quanto os dados experimentais de formação de categorias, o fato é que na década de 1980 os cientistas começaram a encontrar problemas nela. Liderados por Edward Smith, Douglas Medin e Brian Ross, os pesquisadores identificaram certas falhas na teoria do protótipo. Para começar, quando se trata de uma categoria ampla cujos membros diferem muito, como se pode estabelecer um protótipo? Veja-se, por exemplo, a categoria "ferramenta". Qual é o seu protótipo? Ou o da categoria "móveis"? Qual seria a canção prototípica de uma cantora pop?

Smith, Medin, Ross e seus colegas também notaram que no interior dessas categorias heterogêneas o contexto pode ter uma forte influência sobre aquilo que tomamos por um protótipo. Em uma oficina mecânica de automóveis, é mais provável que uma chave inglesa seja a ferramenta prototípica do que um martelo, mas num canteiro de obras, valeria o contrário. Qual é o instrumento prototípico numa orquestra sinfônica? Posso apostar que você não respondeu "guitarra" ou "harmônica", mas se a mesma pergunta for feita sobre um acampamento, duvido que você responda "trompa" ou "violino".

A informação contextual faz parte de nosso conhecimento das categorias e seus membros, e a teoria do protótipo não leva isso em conta. Sabemos, por exemplo, que, na categoria "pássaros", os que cantam tendem a ser pequenos. Na categoria "meus amigos", há aqueles aos quais eu entregaria meu carro e aqueles que não o mereceriam (com base em seu histórico de acidentes e no fato de terem ou não carteira de motorista). Na categoria "canções do Fleetwood Mac", algumas são cantadas por Christine McVie, outras, por Lindsey Buckingham, e outras, ainda, por Stevie Nicks. E também existe nosso conhecimento das três fases diferentes do Fleetwood Mac: os anos de blues, com Peter Green na guitarra, os anos pop intermediários, com Danny Kirwan, Christine McVie e Bob Welch como autores das canções, e os últimos anos, depois da entrada de Buckingham e Nicks. Se eu perguntar qual a canção prototípica do Fleetwood Mac, o contexto será importante na resposta.

Se eu quiser saber qual o integrante prototípico do conjunto, você vai protestar, dizendo que há algo de errado na pergunta. Embora Mick Fleetwood e John McVie, percussionista e baixista, sejam os dois únicos que acompanharam a banda desde o início, não parece correto afirmar que o integrante prototípico do Fleetwood Mac seja o percussionista ou o baixista, pois nenhum dos dois cantava as principais canções ou as compôs. Podemos aqui estabelecer uma comparação com o grupo The Police, pois é possível afirmar que Sting foi seu membro prototípico, como autor das canções, cantor e baixista. Mas se alguém disser isso, você poderá igualmente afirmar que está errado: Sting não é o membro prototípico, apenas o integrante mais conhecido e importante do grupo, o que não é a mesma coisa. O trio que ficamos conhecendo pelo nome de The Police é uma categoria pequena mas heterogênea, e, nesse caso, falar de membro prototípico não parece se coadunar com o espírito de um protótipo: a tendência central, a média, o objeto mais típico da categoria. Sting não é típico do grupo no sentido de estar próximo da média; pode antes ser considerado atípico, na medida em que é muito mais conhecido que os dois outros, Andy Summers e Stewart Copeland, e sua história depois do grupo seguiu um rumo muito diferente.

Um outro problema é que, embora Rosch não o diga explicitamente, suas categorias aparentemente levam tempo para se formar. Embora ela reconheça a nebulosidade de certas fronteiras e a possibilidade de que determinado objeto venha a ocupar mais de uma categoria ("galinha" poderia ocupar as categorias "pássaro", "aves domésticas", "animais de quintal" e "artigos comestíveis"), não é claramente contemplada a possibilidade de inventarmos novas categorias na hora. E, no entanto, é o que fazemos o tempo todo. O exemplo mais óbvio é quando preparamos listas de canções para colocar em nossos reprodutores de MP3 ou levamos CDs para ouvir no carro durante uma viagem mais longa. A categoria "música que estou com vontade de ouvir" certamente é nova e dinâmica. Ou vejamos o seguinte caso: O que têm em comum os seguintes itens: crianças, carteira, meu cachorro, fotos de família e chaves do carro? Para muitas pessoas, seriam *as coisas que eu levaria comigo em caso de incêndio*. Essas coleções de coisas formam categorias *ad hoc*, às

quais recorremos com muita frequência. Não formamos essas categorias a partir de nossa experiência perceptiva da realidade, mas com base em exercícios conceituais como os descritos anteriormente.

Eu poderia formar outra categoria *ad hoc* com a seguinte história: "Carol estava em uma situação difícil. Gastara todo o seu dinheiro e só receberia seu contracheque dentro de três dias. Não havia comida em casa." Isso leva à categoria funcional *ad hoc* "maneiras de conseguir comida para os próximos três dias", que pode incluir "ir à casa de um amigo", "passar um cheque sem fundos", "conseguir dinheiro emprestado" ou "vender meu exemplar de *A música no seu cérebro*". Assim, as categorias não são formadas apenas pela combinação de propriedades, mas também por teorias a respeito da maneira como as coisas se relacionam. Precisamos de uma teoria da formação de categorias que leve em conta (a) as categorias sem um protótipo claro, (b) as informações contextuais e (c) o fato de que a toda hora estamos formando novas categorias, no calor do momento. Para isto, parece que devemos ter retido parte da informação original dos itens, pois nunca sabemos quando poderemos precisar delas. Se (de acordo com os construtivistas) estou apenas armazenando informação essencial abstrata e genérica, como poderia construir uma categoria como "canções que têm a palavra *amor*, mas não no título"? Por exemplo: "Here, There and Everywhere" (Beatles), "Don't Fear the Reaper" (Blue Öyster Cult), "Something Stupid" (Frank e Nancy Sinatra), "Cheek to Cheek" (Ella Fitzgerald e Louis Armstrong), "Hello Trouble (Come On In)" (Buck Owens), "Can't You Hear Me Callin'" (Ricky Skaggs).

A teoria do protótipo parece convergir com a visão construtivista, segundo a qual uma generalização abstrata dos estímulos que encontramos vem a ser armazenada. Smith e Medin propuseram a teoria exemplar como alternativa. O que caracteriza a teoria exemplar é o fato de que toda experiência — toda palavra ouvida, todo beijo trocado, todo objeto visto, toda canção que um dia ouvimos — fica codificada como traço mnemônico. É a descendente intelectual da chamada teoria residual da memória proposta pelos psicólogos da gestalt.

A teoria exemplar explica por que somos capazes de reter tantos detalhes com tamanha precisão. Segundo ela, os detalhes e o contexto

são retidos no sistema mnemônico conceitual. Alguma coisa é considerada integrante de uma categoria quando se assemelha mais a outros membros dessa categoria que a membros de uma outra categoria concorrente. Indiretamente, a teoria exemplar também explica as experiências que indicam que os protótipos são armazenados na memória. Decidimos se determinado item faz parte de uma categoria comparando-o com todos os demais membros desta, mobilizando para isso lembranças de tudo o que fazia parte dessa categoria. Se nos defrontamos com um protótipo até então nunca visto — como na experiência de Posner e Keele —, somos capazes de categorizá-lo rápida e corretamente porque apresenta uma máxima semelhança com todos os outros exemplos de sua própria categoria e nenhuma semelhança com exemplos de categorias alternativas. Apresenta maior número de compatibilidades que qualquer outro exemplo anteriormente visto porque, por definição, o protótipo é a tendência central, o representante médio da categoria. Isso tem consequências importantes quanto à maneira como somos capazes de apreciar instantaneamente uma nova canção — tema do capítulo 6.

A convergência das teorias exemplar e da memória manifesta-se na forma de um grupo relativamente novo de teorias, coletivamente conhecidas como "modelos mnemônicos de múltiplos traços". Nessa classe de modelos, toda experiência pela qual passamos é preservada em alta fidelidade em nosso sistema mnemônico de longa duração. As distorções e confabulações da memória ocorrem quando, no processo de recuperação de uma lembrança, deparamo-nos com interferências de outros traços que tentam atrair nossa atenção com detalhes do traço mnemônico original que se degradara em consequência de processos neurobiológicos normais ou com detalhes ligeiramente diferentes.

O verdadeiro teste desses modelos está em saber se são capazes de explicar e prever os dados sobre protótipos, memória construtiva e formação e retenção de informação abstratas — por exemplo, quando reconhecemos uma canção transposta para outra tonalidade. Podemos testar a plausibilidade neural desses modelos por meio de estudos de neuroimagística. A diretora do laboratório de pesquisas cerebrais do Instituto Nacional de Saúde dos EUA, Leslie Ungerleider, e seus colegas realizaram estudos

de fMRI mostrando que as representações de categorias estão localizadas em partes específicas do cérebro. Demonstrou-se que rostos, animais, veículos, alimentos e assim por diante ocupam regiões específicas do córtex. Com base em estudos sobre lesões, descobrimos que certos pacientes perdem a capacidade de designar pelo nome membros de certas categorias, enquanto outras categorias se mantêm intactas. Esses dados falam da realidade da estrutura e da memória conceituais no cérebro; mas e a capacidade de armazenar informações detalhadas e ainda assim ter um sistema neural que funciona como se armazenasse abstrações?

Na ciência cognitiva, devido à falta de dados neurofisiológicos, as teorias frequentemente são testadas mediante recurso a modelos de redes neurais. São basicamente simulações cerebrais tratadas em computadores, com modelos de neurônios, conexões e disparos neuronais. Os modelos replicam a natureza paralela do cérebro, sendo por isso chamados de processamento de distribuição paralela, ou de PDP. David Rumelhardt, da Universidade de Stanford, e Jay McClelland, da Universidade Carnegie Mellon, estiveram à frente desse tipo de pesquisa. Não se trata de programas de computação como outros quaisquer. Os modelos PDP operam paralelamente (como acontece no cérebro) e têm várias camadas de unidades de processamento (como as camadas do córtex); os neurônios simulados podem ser conectados numa infinidade de maneiras (como os neurônios de verdade) e podem ser destacados da rede ou a ela acrescidos de acordo com a necessidade (exatamente como o cérebro reconfigura as redes neurais à medida que chegam as informações). Incumbindo os modelos PDP de resolver problemas — por exemplo, os de categorização ou armazenamento e recuperação de memória —, podemos descobrir se a teoria em questão é plausível; se o modelo PDP funcionar como os seres humanos, temos aí uma prova de que as coisas podem funcionar assim em nós.

Douglas Hintzman foi o responsável pelo mais influente modelo PDP, demonstrando a plausibilidade neural dos modelos mnemônicos de múltiplos traços. Seu modelo, denominado Minerva, em homenagem à deusa romana do conhecimento, foi apresentado em 1986. Ele armazenou exemplos individuais de estímulos encontrados e, ainda assim, con-

seguiu produzir um tipo de comportamento que esperaríamos encontrar num sistema que armazenasse apenas protótipos e generalizações abstratas. E o fez praticamente da maneira descrita por Smith e Medin, comparando casos novos aos armazenados. Stephen Goldfinger obteve novas provas de que os modelos de múltiplos traços são capazes de gerar abstrações com estímulos auditivos, especificamente com palavras faladas em vozes específicas.

Verifica-se hoje um crescente consenso, entre os pesquisadores da memória, de que a verdade não está com os que defendem a preservação de registros nem com os construtivistas, devendo-se dar crédito a uma terceira visão, de certa forma híbrida: o modelo mnemônico de múltiplos traços. As experiências sobre a precisão da memória dos atributos musicais corroboram os modelos de múltiplos traços propostos por Hintzman/Goldfinger. É o modelo que mais se assemelha ao modelo exemplar de categorização, em torno do qual também é cada vez maior o consenso.

Como um modelo mnemônico de múltiplos traços pode explicar o fato de extrairmos propriedades invariáveis das melodias que ouvimos? Quando voltamos nossa atenção para uma melodia, devemos estar efetuando cálculos sobre ela; além de registrar os valores absolutos, os detalhes de sua apresentação — como altura, ritmos, andamento e timbre —, devemos também estar calculando os intervalos melódicos e as informações rítmicas independentes do andamento. Estudos de neuroimagística realizados por Robert Zatorre e seus colegas da Universidade McGill indicam ser esse efetivamente o caso. Quando ouvimos música, os "centros de cálculo" melódico dos lobos temporais dorsais (superiores) — logo acima das orelhas — aparentemente se mantêm atentos ao tamanho dos intervalos e às distâncias entre as alturas, criando, independentemente destas, um gabarito para aqueles valores melódicos de que precisaremos para reconhecer as funções transpostas. Os estudos de neuroimagística feitos por mim demonstraram que as músicas conhecidas ativam ambas essas regiões e o hipocampo, uma estrutura central no cérebro, sabidamente crucial para a codificação e a recuperação de memória. Em conjunto, essas constatações indicam que armazenamos ao mesmo tempo informações abstratas e es-

pecíficas contidas nas melodias; e o mesmo talvez possa se aplicar a todos os tipos de estímulos sensoriais.

Como preservam o contexto, os modelos mnemônicos de múltiplos traços também podem explicar por que às vezes recuperamos lembranças antigas e quase esquecidas. Já lhe aconteceu de estar caminhando pela rua e de repente sentir um cheiro que não sentia há muito tempo, lembrando-se então de algum episódio antigo? Ou ouvir uma canção no rádio e se ver instantaneamente mergulhado em velhas lembranças associadas à época em que essa canção fez sucesso? Fenômenos assim estão no próprio cerne do que significa ter lembranças. A maioria de nós tem um conjunto de lembranças que tratamos como se fosse um álbum de fotografias ou de recortes, com certas histórias que estamos acostumados a contar a parentes e amigos, certas experiências que relembramos em momentos de dificuldade, tristeza, alegria ou estresse, para lembrar-nos daquilo que somos e das experiências que tivemos. Podemos considerar que está aí o repertório de nossas lembranças, as memórias que nos acostumamos a evocar, algo parecido com o repertório de um músico, contendo as peças que ele sabe como tocar.

De acordo com os modelos mnemônicos de múltiplos traços, toda experiência é potencialmente codificada na memória. Não em um lugar específico do cérebro, pois ele não é como um depósito; as memórias são codificadas, isso sim, em grupos de neurônios que, reunidos em valores adequados e configurados de determinada maneira, farão com que uma lembrança seja recuperada e reativada no teatro de nossa mente. Desse modo, o obstáculo que nos impede de relembrar tudo o que quiséssemos não está no fato dos elementos não se encontrarem "armazenados" na memória; o verdadeiro problema é encontrar a chave certa para acessá-la e configurar adequadamente os circuitos neurais. Quanto mais acessarmos uma lembrança, mais ativos se tornarão os circuitos de recuperação e recordação, e mais facilidade teremos com suas chaves. Teoricamente, se tivéssemos apenas as chaves certas, poderíamos ter acesso a qualquer experiência passada.

Pense por um momento no seu professor da terceira série — provavelmente se trata de algo em que você não pensava havia muito tempo,

mas lá está ele, uma lembrança instantânea. Se continuar pensando nele, na sua turma, é possível que você acabe se lembrando de outras coisas dessa época e dessa experiência, como as carteiras da sala de aula, os corredores da escola, os colegas. São pistas bastante genéricas que nada têm de muito vívidas. Entretanto, se eu lhe mostrasse a foto da sua turma na terceira série, talvez você de repente começasse a se lembrar de toda sorte de coisas que havia esquecido: os nomes dos colegas, as matérias que aprendia em sala de aula, as brincadeiras da hora do recreio. Uma canção sendo ouvida contém um conjunto bastante específico e vívido de pistas mnemônicas. Como os modelos mnemônicos de múltiplos traços partem do princípio de que o contexto é codificado juntamente com os traços mnemônicos, a música que você ouviu em diferentes ocasiões de sua vida é codificada paralelamente aos fatos e acontecimentos dessas épocas. Ou seja, a música é relacionada aos fatos e os fatos são relacionados à música.

Uma das máximas da teoria mnemônica é que as pistas mais exclusivas são as mais eficientes na evocação de lembranças; quanto maior for o número de itens ou contextos a que uma pista estiver associada, menos eficaz ela será na evocação de determinada lembrança. Por isso, embora certas canções possam estar associadas a determinadas épocas de sua vida, elas não terão grande probabilidade de funcionar como pistas na recuperação de lembranças dessas épocas se tiverem continuado a ser tocadas com frequência e se você estiver acostumado a ouvi-las — como frequentemente acontece em estações de rock clássico ou de música clássica que se limitam a um repertório "popular" de peças bem conhecidas. Mas basta ouvirmos uma canção que não ouvíamos desde uma época específica de nossa vida para os portões da memória se abrirem e sermos tomados pelas lembranças. A canção funcionou como uma pista exclusiva, uma chave capaz de reativar as experiências associadas à sua lembrança, lugar e época. E, como memória e categorização estão associadas, uma canção pode dar acesso não só a lembranças específicas, mas também a memórias categóricas mais genéricas. É por isso que quando ouvimos uma canção *disco* da década de 1970 — por exemplo, "YMCA", do Village People —, podemos nos deparar com outras can-

ções do mesmo gênero sendo tocadas na cabeça, como "I Love the Nightlife", de Alicia Bridges, e "The Hustle", de Van McCoy.

A memória afeta de maneira tão profunda o ato de ouvir música que não seria exagerado afirmar que, sem a primeira, a segunda não existiria. Como já observaram dezenas de teóricos e filósofos, além de John Hartford em sua canção "Tryin' to Do Something to Get Your Attention", a música baseia-se na repetição. A música funciona porque nos lembramos das notas que acabamos de ouvir e as relacionamos às que estão sendo tocadas agora. Esses grupos de notas — frases — podem retornar mais adiante na mesma peça, numa variação ou transposição que desencadeia nosso sistema mnemônico ao mesmo tempo que ativa nossos centros emocionais. Nos dez últimos anos, os neurocientistas demonstraram a íntima relação de nosso sistema mnemônico com o emocional. A amígdala, considerada por muito tempo a sede das emoções nos mamíferos, fica ao lado do hipocampo, durante muito tempo visto como a estrutura crucial para o armazenamento da memória, se não para a recuperação dela. Hoje sabemos que a amígdala está envolvida no processo mnemônico; em particular, é intensamente ativada por qualquer experiência ou lembrança de forte componente emocional. Em todos os estudos de neuroimagística realizados em meu laboratório, ficou demonstrada a ativação da amígdala pela música, mas não por conjuntos aleatórios de sons ou tons musicais. Utilizada com habilidade por um grande compositor, a repetição satisfaz nosso cérebro emocionalmente, tornando agradável a experiência auditiva.

CAPÍTULO 6

Depois da sobremesa, Crick ainda estava a quatro cadeiras de mim

A MÚSICA, A EMOÇÃO E O CÉREBRO REPTILIANO

Como já vimos, a música quase sempre é passível de ser acompanhada com o bater dos pés, através de seu pulso, de seu ritmo. Esse pulso, com poucas exceções, é regular e uniformemente espaçado no tempo, fazendo com que esperemos a ocorrência de certos fenômenos em determinados momentos. Tal como acontece com o ruído ritmado do trem avançando nos trilhos, ele nos permite saber que continuamos indo em frente, que estamos em movimento, que está tudo bem.

Os compositores às vezes suspendem essa impressão de pulsação, como acontece nos primeiros compassos da "Quinta Sinfonia" de Beethoven. Ouvimos "pam-pam-pam-paaaa" e a música para. Não sabemos direito quando voltaremos a ouvir algum som. O compositor repete a frase — em alturas diferentes — mas, depois da segunda pausa, estamos a caminho, em métrica regular perfeitamente passível de ser marcada com os pés. Em outros casos, os compositores nos fornecem explicitamente o pulso, mas logo o abrandam intencionalmente, para em seguida articulá-lo de forma pesada com o intuito de obter um efeito dramático. "Honky Tonk Women", dos Rolling Stones, começa com um chocalho, seguido de percussão e da guitarra elétrica; a métrica e a batida mantêm-se as mesmas, mas se vai revelando a intensidade dos tempos fortes. (E quando ouvimos com fones de ouvido, o chocalho aparece apenas em um dos ouvidos, para um efeito ainda mais dramático.) Isso é bem característico da música heavy metal e de rock. "Back in Black", do AC/DC, começa com os pratos e acordes de guitarra em surdina, que quase soam como

uma pequena caixa clara durante oito batidas, até que entra a guitarra elétrica. Jimi Hendrix faz o mesmo no início de "Purple Haze": oito semínimas na guitarra e no baixo, notas isoladas que explicitamente estabelecem a métrica para nós, até a entrada tonitruante dos tambores de Mitch Mitchell. Às vezes os compositores nos provocam, criando expectativas de métrica para em seguida frustrá-las, optando por algo bem forte: uma espécie de piada musical. "Golden Lady", de Stevie Wonder, e "Hypnotized", do Fleetwood Mac, estabelecem uma métrica que vem a ser alterada com a entrada dos outros instrumentos. Frank Zappa era um mestre nisso.

Naturalmente, certos tipos de música parecem mais fortemente ritmados que outros. Embora "Eine Kleine Nachtmusik" e "Stayin' Alive" tenham igualmente uma métrica definida, a segunda peça tem mais probabilidade de fazer com que as pessoas se levantem e comecem a dançar (pelo menos era como nos sentíamos na década de 1970). Para que a música mexa conosco (seja física ou emocionalmente), é essencial que tenha um pulso facilmente identificável. É o que os compositores conseguem subdividindo a batida de diversas maneiras e acentuando determinadas notas de forma diferente das outras; em boa parte, isso também tem a ver com a execução. Quando falamos da força de atração de uma música, estamos nos referindo à maneira como essas divisões de acentuação tornam-se irresistíveis para nós, àquela qualidade que faz com que a canção siga em frente, mais ou menos como uma equivalência, no mundo musical, de um livro que não conseguimos largar. Quando uma canção tem esse poder mágico, convida-nos a entrar num mundo sonoro do qual não queremos mais sair. Embora tenhamos consciência da pulsação musical, o tempo externo parece parar, e já não queremos que a canção acabe.

Essa magia tem a ver com determinado artista ou apresentação específica, não com o que está escrito na pauta. Pode traduzir-se em determinado aspecto sutil da performance que se manifesta e desaparece de um dia para o outro, ainda que estejamos diante do mesmo grupo de músicos. E, naturalmente, haverá divergências sobre o grau de magia dessa ou daquela canção, mas, para estabelecer um terreno comum em torno

da questão, podemos afirmar que a maioria das pessoas considera que "Shout", dos Isley Brothers, e "Super Freak", de Rick James, têm essa magia, assim como "Sledgehammer", de Peter Gabriel. "I'm On Fire", de Bruce Springsteen, "Superstition", de Stevie Wonder, e "Ohio", dos Pretenders, também exercem essa atração irresistível — e são muito diferentes umas das outras. Mas não existe uma fórmula, como pôde constatar todo músico que tentou copiar a magia de canções clássicas como as dos Temptations e de Ray Charles. O fato de podermos identificar relativamente poucas músicas com esse poder de atração evidencia que não é tão fácil assim copiá-lo.

Um dos elementos responsáveis pela força de atração de "Superstition" é a percussão usada por Stevie Wonder. Nos primeiros segundos, quando os pratos estão tocando sozinhos, podemos entender em parte o segredo da magia dessa canção. Os percussionistas valem-se dos pratos para marcar o tempo. Mesmo quando o público não consegue ouvi-los num trecho de maior volume, eles estão sendo usados como ponto de referência. A batida de Stevie nos pratos nunca é exatamente igual; ele permanentemente acrescenta pequenos toques e diferentes pausas. Além disso, toda nota que ele executa nos pratos tem um volume ligeiramente diferente — nuances da sua performance que contribuem para aumentar a tensão. A caixa clara começa com bum-(pausa)-bum-bum-pa e nós entramos no padrão dos pratos:

DUT-dut-dut-duta DUta-dut-dut-duta
DUT-dat-dut-duta DUT-duta-duta-dut

O genial em sua forma de tocar é que sempre nos mantém na expectativa, mudando aspectos do padrão e tratando de manter apenas o suficiente do que já é conhecido para ficarmos atentos e orientados. Aqui, ele toca o mesmo ritmo no início de cada verso, mudando-o, contudo, do meio para o fim, num padrão de chamado e resposta. Também se vale de sua habilidade como percussionista para alterar o timbre dos pratos num momento decisivo: na segunda nota do segundo verso, na qual manteve o mesmo ritmo, ele percute os pratos de forma diferente para

fazê-los "falar" com uma voz separada; se os seus pratos fossem uma voz, seria como se ele tivesse mudado o som vocálico.

Os músicos em geral consideram que a força de atração é mais bem exercida quando não tem caráter estritamente metronômico, ou seja, quando não parece perfeitamente mecânica. Embora algumas canções boas para dançar tenham sido compostas com máquinas de percussão ("Billie Jean", de Michael Jackson, e "Straight Up", de Paula Abdul, por exemplo), o padrão-ouro do balanço costuma ser um percussionista que altera ligeiramente o andamento em função dos matizes estéticos e emocionais da música; dizemos, nesse caso, que o ritmo e a percussão "respiram". O Steely Dan passou meses tentando editar, reeditar, alterar, forçar e afrouxar as partes da máquina percussiva de seu álbum *Two Against Nature* para fazê-las soar como se tivessem sido tocadas por um ser humano, equilibrando o balanço com a respiração. Mas o fato é que esse tipo de alteração dos andamentos locais (e não globais) não altera a métrica, que constitui a estrutura básica da pulsação; muda apenas o momento preciso em que os acentos ocorrerão, e não o fato de se agruparem em dois, três ou quatro, nem o andamento geral da canção.

Não costumamos falar de balanço no contexto da música clássica, mas a maioria das óperas, sinfonias, sonatas, concertos e quartetos de cordas apresentam métrica e pulsação definidas, que geralmente correspondem aos movimentos do regente; este mostra aos músicos onde se encontram os acentos, às vezes alongando-os ou comprimindo-os em nome da expressividade emocional. Na vida real, as conversas, os pedidos de perdão, as expressões de raiva, as palavras de galanteio, a narração de histórias ou o planejamento e as expressões de cuidados paternos não se dão com precisão maquinal. Na medida em que a música reflete a dinâmica de nossa vida emocional, assim como nossas interações pessoais, precisa expandir-se e contrair-se, acelerar-se e retardar-se, fazer pausas e refletir. A única maneira de sentirmos ou conhecermos essas variações temporais é por meio de um sistema de computação do cérebro que extraia informações sobre quando devem ocorrer os acentos. O cérebro precisa criar um modelo de pulsação constante — um esquema — para que saibamos quando os músicos se desviam dele. É algo semelhante às varia-

ções de uma melodia: precisamos de uma representação mental do que é a melodia para saber — e apreciar — quando o músico fez-lhe alterações.

A definição métrica — saber qual é a pulsação e quando esperamos que ocorra — constitui uma parte crucial da emoção musical. A música comunica-se emocionalmente por meio de sistemáticas violações das expectativas, que podem ocorrer em qualquer domínio — alturas, timbre, contorno, ritmo, andamento e assim por diante —, mas não podem deixar de existir. A música é o som organizado, mas a organização precisa ter algo de inesperado; do contrário, assumirá um caráter rígido e indiferente. Um excesso de organização pode ser música do ponto de vista técnico, mas ninguém a desejaria ouvir. As escalas, por exemplo, são organizadas, mas a maioria dos pais não aguenta ouvir os filhos tocá-las por mais de cinco minutos.

E o que dizer da base neural dessa definição métrica? Com base em estudos sobre lesões, sabemos que a definição rítmica e a métrica não estão relacionadas do ponto de vista neural. Os pacientes com lesões no hemisfério esquerdo podem perder a capacidade de perceber ou produzir ritmo, mas ainda conseguem definir a métrica, e os pacientes com lesões no hemisfério direito evidenciam o padrão inverso. Do ponto de vista neural, ambos os parâmetros são separados do processamento melódico: Robert Zatorre descobriu que as lesões no lobo temporal direito afetam mais a percepção das melodias do que as no lobo esquerdo; Isabelle Peretz descobriu que o hemisfério direito do cérebro contém um processador de contornos que, na verdade, traça o desenho de uma melodia e o analisa para posterior reconhecimento, sendo esse processo dissociável dos circuitos rítmicos e métricos do cérebro.

Como vimos no caso da memória, os modelos de informática podem ajudar-nos a entender o funcionamento do cérebro. Peter Desain e Henkjan Honing desenvolveram na Holanda um modelo de computador capaz de extrair a pulsação de uma peça musical. Ele se baseava sobretudo na amplitude, no fato de que a métrica é definida em função de acentos altos e baixos que ocorrem alternadamente a intervalos regulares. Para demonstrar a eficácia do sistema — e por reconhecerem a importância do espetáculo, mesmo na ciência —, eles conectaram o re-

sultado a um pequeno motor elétrico montado no interior de um sapato. Essa demonstração de definição dos acentos da pulsação literalmente marcava o ritmo de peças musicais batendo o pé (ou pelo menos batendo um sapato com uma haste metálica). Pude assistir à demonstração no CCRMA em meados da década de 1990. Era mesmo impressionante. Os espectadores (e assim me refiro porque a visão de um sapato preto pendurado numa haste metálica e ligado a um computador por um monte de fios era realmente um espetáculo) entregavam um CD a Desain e Honing, e o sapato, depois de "ouvir" por alguns segundos, começava a marcar o ritmo num pedaço de madeira compensada. (Terminada a demonstração, Perry Cook dirigiu-se a eles e perguntou: "Excelente trabalho... mas também pode ser num modelo marrom?")

Curiosamente, o sistema de Desain e Honing evidenciava algumas das mesmas falhas constatadas nos seres humanos: às vezes batia com o pé na metade ou no dobro do andamento, em comparação com o ponto no qual os músicos profissionais consideravam encontrar-se a acentuação. Os amadores fazem isso o tempo todo. Quando um modelo informatizado comete erros semelhantes aos de um ser humano, temos uma comprovação ainda melhor de que nosso programa está replicando o pensamento humano, ou pelo menos os tipos de processos de computação que estão por trás do pensamento.

O cerebelo é a parte do cérebro intimamente ligada à questão do tempo e à coordenação dos movimentos do corpo. A palavra *cerebelo* deriva do latim "pequeno cérebro", e com efeito ele se assemelha a um pequeno cérebro situado abaixo do chamado grande cérebro, na parte posterior do pescoço. O cerebelo tem dois lados, como o cérebro, cada um deles dividido em sub-regiões. Por meio de estudos filogenéticos — estudos do cérebro de diferentes animais em variados pontos da escala genética — foi possível descobrir que o cerebelo é uma das partes mais antigas do cérebro do ponto de vista evolutivo. Na linguagem popular, o cerebelo às vezes é chamado de cérebro reptiliano. Embora pese apenas 10% do peso total do cérebro, ele contém de 50% a 80% do total de neurônios.

O cerebelo tem sido tradicionalmente considerado como o orientador do movimento, que, na maioria dos animais, tem um caráter repetitivo e

oscilatório. Quando andamos ou corremos, tendemos a fazê-lo numa velocidade mais ou menos constante; nosso corpo se acomoda num determinado passo, e permanecemos nele; o mesmo acontece com os peixes nadando ou com os pássaros voando. Uma das características do mal de Parkinson é a dificuldade de andar, e sabemos que a doença é acompanhada de uma degeneração cerebelar.

Mas e a relação da música com o cerebelo? Em meu laboratório, constatamos fortes ativações no cerebelo quando as pessoas ouviam música, mas não quando ouviam ruídos. Há indicações de envolvimento do cerebelo no acompanhamento do pulso musical e também em outro contexto: quando pedimos às pessoas que ouçam músicas de que gostam em vez daquelas de que não gostam, ou então uma música já conhecida, em vez de uma desconhecida.

Muitas pessoas, inclusive nós mesmos, ficaram se perguntando se as ativações cerebelares ligadas ao gosto e à familiaridade constituíam um erro. Então, no verão de 2003, Vinod Menon falou-me do trabalho do professor Jeremy Schmahmann em Harvard. Schmahmann vem lutando contra a corrente dos tradicionalistas, segundo os quais o cerebelo está ligado exclusivamente à noção de tempo e ao movimento. Por meio de autópsias, neuroimagística, estudos de caso e de outras pesquisas, contudo, Schmahmann e seus seguidores reuniram provas convincentes de que o cerebelo está também envolvido na emoção, o que explicaria por que é ativado quando ouvimos músicas de que gostamos. Ele observa que o cerebelo apresenta maciças ligações com os centros emocionais do cérebro: a amígdala, envolvida na recordação de fatos da esfera emocional, e o lobo frontal, envolvido no planejamento e no controle dos impulsos. Qual é a ligação entre a emoção e o movimento e por que ambos haveriam de ser atendidos pela mesma região do cérebro, existente até mesmo em cobras e lagartos? Não sabemos ao certo, mas encontramos especulações fundamentadas no trabalho de uma fonte que não poderia ser melhor: os descobridores da estrutura do DNA, James Watson e Francis Crick.

O Cold Spring Harbor Laboratory (CSHL) é uma avançada instituição de alta tecnologia em Long Island, especializada em pesquisas de neu-

rociência, neurobiologia, câncer e — como não poderia deixar de ser, em se tratando de uma instituição dirigida pelo Prêmio Nobel James Watson — genética. Por meio do SUNY Stony Brook, o CSHL oferece cursos de formação e treinamento avançado nesses campos. Uma colega minha, Amandine Penel, lá permaneceu durante dois anos como *fellow* de pós-doutorado. Ela concluíra seu Ph.D. em cognição musical em Paris enquanto eu concluía o meu na Universidade de Oregon; conhecemo-nos nas conferências anuais de cognição musical. Às vezes o CSHL promove uma oficina, uma reunião intensiva de cientistas especializados em determinado campo, que se estendem por vários dias; todos comem e dormem no laboratório, e passam o dia inteiro discutindo determinado problema científico. O objetivo das reuniões é que especialistas mundiais na área — não raro defendendo pontos de vista opostos — cheguem a algum acordo em torno de certos aspectos do problema, permitindo à ciência avançar mais rapidamente. As oficinas do CSHL são famosas nos campos da genômica, da genética das plantas e da neurobiologia.

Fui pego de surpresa certo dia quando, mergulhado em e-mails bastante prosaicos sobre o comitê de currículos dos cursos de graduação e sobre a agenda dos exames finais na Universidade McGill, deparei-me com um convite para participar de uma oficina com duração de quatro dias em Cold Spring Harbor. Reproduzo aqui a mensagem encontrada na minha caixa de correio eletrônico:

Representação neural e processamento de padrões temporais

Como é a representação do tempo no cérebro? Como são percebidos ou produzidos os padrões temporais complexos? O processamento dos padrões temporais é um componente fundamental da função sensória e motora. Considerando-se a inerente natureza temporal de nossa interação com o ambiente, o entendimento da maneira como o tempo é processado no cérebro constitui um passo necessário para a compreensão do cérebro. Pretendemos reunir destacados psicólogos, neurocientistas e teóricos que se dedicam a essas questões em todo o mundo. Nossos objetivos são dois: primeiro, queremos reunir pesquisadores de diferentes

> campos que compartilhem o mesmo foco na questão da noção de tempo, podendo beneficiar-se muito com a troca de ideias. Segundo, muitos trabalhos importantes têm sido realizados sobre o processamento de intervalo temporal único. Olhando para o futuro, queremos aprender com esses estudos e ao mesmo tempo ampliar a discussão para o processamento de padrões temporais compostos de múltiplos intervalos. A percepção dos padrões temporais vem conquistando terreno como campo multidisciplinar; desejamos que esse encontro contribua para a discussão e o estabelecimento de uma agenda multidisciplinar de pesquisa.

Inicialmente, achei que os organizadores haviam cometido um erro ao incluir meu nome na lista. Eu conhecia, apenas de nome, todos os convidados relacionados no e-mail. Eram autênticos gigantes da área, os George Martin e os Paul McCartney, os Seiji Osawa e os Yo-Yo Ma da pesquisa sobre a noção de tempo. Paula Tallal descobrira, com seu colaborador Mike Mezernich, da Universidade da Califórnia em São Francisco, que a dislexia estava relacionada a um déficit de noção de tempo no sistema auditivo das crianças. Também publicara alguns dos mais influentes estudos de fMRI sobre a fala e o cérebro, mostrando onde ocorre o processamento fonético. Rich Ivry era meu primo intelectual, um dos mais brilhantes neurocientistas cognitivos da minha geração, tendo recebido seu Ph.D. de Steve Keele na Universidade de Oregon e realizado trabalhos pioneiros sobre o cerebelo e os aspectos cognitivos do controle motor. Rich é um sujeito muito introspectivo e realista, capaz de chegar ao cerne de uma questão científica com precisão cirúrgica.

Randy Gallistel era um eminente psicólogo matemático que estabelecera modelos dos processos mnemônicos e de aprendizado em seres humanos e ratos; eu havia lido e relido seus estudos. Bruno Repp fora o primeiro orientador de Amandine Penel em seu pós-doutoramento, tendo participado da revisão dos dois primeiros trabalhos que publiquei (as experiências com pessoas cantando canções populares muito próximo da altura e do andamento corretos). A outra especialista mundial em regulação do tempo musical, Mari Reiss Jones, também fora convidada. Ela produzira o trabalho mais importante sobre o papel da atenção na

cognição musical, tendo desenvolvido um influente modelo sobre a maneira como, na música, acentos, métrica, ritmo e expectativas convergem na geração do nosso conhecimento da estrutura musical. E John Hopfield, o inventor das redes Hopfield, uma das classes mais importantes de modelos PDP de redes neurais, também participaria da oficina! Ao chegar a Cold Spring Harbor, eu me sentia como uma garota nos bastidores de um concerto de Elvis em 1957.

A conferência foi intensa. Os pesquisadores presentes não chegavam a uma conclusão sobre questões básicas, como a diferença entre um oscilador e um cronômetro ou se diferentes processos neurais estavam envolvidos na estimativa de duração de um intervalo de silêncio *versus* a duração de um período que contivesse pulsos regulares.

Ali reunidos, demo-nos conta — exatamente como pretendiam os organizadores — de que boa parte dos obstáculos a um autêntico progresso no campo estava no fato de usarmos terminologias diferentes para nos referirmos às mesmas coisas, ao mesmo tempo que, em muitos casos, usávamos a mesma nomenclatura (por exemplo, *noção de tempo*) para designar coisas muito diferentes, e a baseávamos em pressupostos igualmente diversos.

Quando ouvimos alguém usar uma expressão como *planum temporale* (uma estrutura neural), achamos que se trata do mesmo uso que costumamos fazer. Na ciência, entretanto, como na música, presumir algo pode ser fatal. Uma pessoa achava que o *planum temporale* devia ser definido em termos anatômicos, outra, que só poderia ser definido funcionalmente. Debatemos a importância da matéria cinzenta frente à branca, discutimos o que significa a sincronicidade de dois eventos: eles realmente têm de acontecer exatamente ao mesmo tempo ou apenas ao mesmo tempo do ponto de vista perceptivo?

À noite, tínhamos o jantar encomendado a um bufê, com muito vinho e cerveja, e continuávamos discutindo. Meu aluno de doutorado Bradley Vines estava presente como observador e tocava saxofone para nós. Eu tocava guitarra com alguns outros membros do grupo que também eram músicos, e Amandine cantava.

Como o tema da reunião era a noção de tempo, a maior parte dos presentes não prestara muita atenção ao trabalho de Schmahmann ou à

possível ligação entre a emoção e o cerebelo. Mas Ivry estivera atento à questão; conhecia o trabalho de Schmahmann e ficara intrigado. Em nossos debates, chamou a atenção para certas semelhanças entre a percepção musical e o planejamento da ação motora, que haviam passado despercebidos em minha experiência. Ele concordou em que o cerebelo devia estar no cerne do mistério da música. Quando me encontrei com Watson, ele também disse considerar plausível uma ligação entre o cerebelo, a noção de tempo, a música e a emoção. Mas qual seria essa ligação? Qual seria o seu fundamento evolutivo?

Alguns meses depois, visitei minha colaboradora Ursula Bellugi no Instituto Salk, em La Jolla, Califórnia. O Instituto Salk fica em um terreno magnificamente preservado às margens do oceano Pacífico. Aluna do grande Roger Brown em Harvard na década de 1960, Bellugi dirige o Laboratório de Neurociência Cognitiva. Entre os muitos lances de pioneirismo e descobertas marcantes em sua carreira, foi ela a primeira a mostrar que a linguagem dos sinais é autenticamente uma linguagem (com estrutura sintática, não se trata apenas de um conjunto de gestos desorganizados *ad hoc*), demonstrando que o módulo linguístico de Chomsky não se aplica apenas à linguagem falada. Ela realizou também trabalhos pioneiros sobre a cognição espacial, o gesto, os distúrbios do neurodesenvolvimento e a capacidade dos neurônios de mudar de função — a neuroplasticidade.

Ursula e eu trabalhamos há dez anos para tentar descobrir os fundamentos genéticos da musicalidade. E que melhor lugar poderia haver para tal pesquisa do que o instituto chefiado por Francis Crick, o homem que, juntamente com Watson, descobriu a estrutura do DNA? Eu me dirigira para lá, como faço anualmente, para examinarmos os dados disponíveis, trabalhando na preparação de artigos para publicação. Ursula e eu gostamos de trabalhar na mesma sala, examinando no mesmo computador os diagramas dos cromossomos, as ativações cerebrais e discutindo o que podem significar no contexto de nossas hipóteses.

Uma vez por semana, o Instituto Salk organizava um "almoço dos professores", no qual veneráveis cientistas sentavam-se ao redor de uma grande mesa quadrada com Francis Crick, o diretor do instituto. Rara-

mente era permitida a entrada de visitantes; tratava-se de um foro privado no qual os cientistas sentiam-se livres para especular. Eu ouvira falar dessa espécie de santuário e sonhava em visitá-lo.

Em seu livro *The Astonishing Hypothesis* [A hipótese assombrosa], Crick sustentava que a consciência provém do cérebro, que o conjunto de nossos pensamentos, crenças, desejos e sentimentos decorre das atividades dos neurônios, das células gliais e das moléculas e átomos de que são constituídos. Era uma tese interessante, mas, como já disse, sinto certa resistência em simplesmente mapear a mente, inclinando-me por tentar entender como a maquinaria dá origem à experiência humana.

O que realmente tornava Crick interessante para mim não era seu brilhante trabalho sobre o DNA, a maneira como conduzia o Instituto Salk, ou sequer *The Astonishing Hypothesis*. Era o seu livro *What Mad Pursuit* [A insana busca], sobre seus primeiros anos no trabalho científico. Na verdade, era precisamente o trecho que se segue, pois também eu começara minha carreira científica um pouco tarde.

> Quando finalmente terminou a guerra, não sabia o que fazer. (...) Passei em revista minhas qualificações. Uma graduação não propriamente das melhores, de certa forma redimida por minhas realizações na Marinha. O conhecimento de certas partes restritas do magnetismo e da hidrodinâmica, campos pelos quais não sentia o menor entusiasmo. Nenhum trabalho publicado. (...) Só aos poucos fui-me dando conta de que essa falta de qualificação podia ser uma vantagem. Ao chegar aos trinta anos, a maioria dos cientistas está presa na armadilha de sua própria especialização. Investiram tanto esforço num determinado campo que muitas vezes é extremamente difícil, a essa altura da carreira, efetuar alguma mudança radical. Eu, por outro lado, nada sabia, à parte de um treinamento básico em campos algo antiquados da física e da matemática e a capacidade de me voltar para novos horizontes. (...) Como basicamente nada sabia, tinha possibilidades quase completamente livres de escolha.

A busca de Crick me havia estimulado a tomar minha falta de experiência como licença para pensar a neurociência cognitiva de maneira dife-

rente das outras pessoas, inspirando-me a chegar além dos limites aparentemente bem rasos do meu alcance.

Certa manhã, peguei o carro e fui para o laboratório de Ursula para começar cedo. "Cedo", para mim, era às 7 horas, mas Ursula já estava no laboratório desde 6 horas. Estávamos trabalhando em seu gabinete, teclando em nossos computadores, quando Ursula pôs a xícara de café de lado e me olhou com um brilho nos olhos. "Que tal se encontrar com Francis hoje?" A coincidência de poucos meses antes eu ter encontrado Watson, companheiro de Crick no Prêmio Nobel, chamou minha atenção.

Senti uma onda de pânico ao ser invadido por uma antiga lembrança. Quando eu estava começando como produtor de discos, Michelle Zarin, gerente do principal estúdio de gravação de São Francisco, o Automatt, promovia em seu escritório, nas tardes de sexta-feira, reuniões de queijos e vinhos para as quais só eram convidados os mais íntimos. Durante meses, enquanto trabalhava com bandas desconhecidas como Afflicted e Dimes, eu via a realeza do rock desfilar em direção ao escritório dela nas tardes de sexta-feira: Carlos Santana, Huey Lewis, os produtores Jim Gaines e Bob Johnston. Numa dessas tardes, ela me disse que Ron Nevison estava para chegar à cidade; fora ele o responsável pela engenharia de som dos meus discos favoritos do Led Zeppelin, tendo trabalhado também com o The Who. Michelle levou-me ao seu escritório e me mostrou onde ficar no semicírculo que começava a se formar. As pessoas bebiam e conversavam, e eu ouvia respeitosamente. Mas Ron Nevison parecia-me distante, e era ele que eu realmente queria encontrar. Fiquei olhando para o relógio: quinze minutos se passaram. Boz Scaggs (outro cliente) estava tocando no estéreo, no canto. "Lowdown." "Lido." Vinte minutos se haviam passado. Será que eu conseguiria falar com Nevison? Boz começou a tocar "We're All Alone", e — como às vezes acontece — a letra mexeu comigo. Eu precisava fazer alguma coisa. Caminhei em direção a Nevison e me apresentei. Ele apertou minha mão e retomou sua conversa. Ponto final. Mais tarde, Michelle me repreenderia: essas coisas simplesmente não se fazem. Se eu tivesse esperado que ela me apresentasse, ela lhe teria lembrado que eu era o jovem produtor de que lhe havia falado antes, o possível aprendiz, o jovem respei-

toso e cuidadoso que ela queria que ele conhecesse. Eu nunca mais voltaria a ver Nevison.

Na hora do almoço, Ursula e eu saímos para a rua, na cálida temperatura primaveril de San Diego. Os pios das gaivotas chegavam até nós. Caminhamos até o recanto do *campus* de Salk com a melhor vista do Pacífico e subimos três lances de escada até o refeitório dos professores. Imediatamente reconheci Crick, embora parecesse bastante fragilizado: estava com 80 e muitos anos, quase batendo à porta dos 90. Ursula conduziu-me até uma cadeira cerca de quatro lugares à direita dele.

A conversa no almoço era uma verdadeira cacofonia. Ouvi pedacinhos de discussões sobre um gene do câncer que acabava de ser identificado por um dos professores e sobre a decodificação da genética do sistema visual da lula. Alguém mais estava especulando sobre uma intervenção farmacêutica para retardar a perda de memória associada ao mal de Alzheimer. Crick passava a maior parte do tempo ouvindo, mas eventualmente intervinha, numa voz tão fraca que não me permitia ouvir uma única palavra. O refeitório foi-se esvaziando à medida que os professores acabavam de comer.

Depois da sobremesa, Crick ainda estava a uma distância de quatro cadeiras, conversando animadamente com alguém à sua esquerda, de costas para nós. Eu queria encontrá-lo, conversar sobre *The Astonishing Hypothesis*, descobrir o que ele achava da relação entre a cognição, a emoção e o controle motor. E o que teria um dos descobridores da estrutura do DNA a dizer sobre uma possível base genética da música?

Percebendo minha impaciência, Ursula disse que me apresentaria a Francis na saída. Fiquei decepcionado, já prevendo um "Tudo bem? Até a próxima". Ursula segurou-me pelo cotovelo; ela tem apenas um metro e cinquenta de altura e precisa se esticar para alcançar meu cotovelo. Conduziu-me então até Crick, que falava de léptons e múons com um colega, e o interrompeu. "Francis", começou, "queria apresentá-lo a meu colega Dan Levitin, da Universidade McGill, que trabalha com síndrome de Williams e música." Antes que Crick pudesse dizer uma palavra, Ursula puxou-me pelo cotovelo em direção à porta. Os olhos de Crick brilharam. Ele se endireitou na cadeira. "Música", disse. Afas-

tou então o colega dos léptons. "Gostaria de conversar com você sobre isso em algum momento", prosseguiu. "Ótimo" disse Ursula, maliciosa, "temos tempo agora".

Crick queria saber se havíamos feito estudos de neuroimagística no terreno da música; contei-lhe a respeito das relações entre a música e o cerebelo. Ele ficou intrigado com os resultados que havíamos obtido e com a possibilidade de que tal órgão estivesse envolvido na emoção musical. O papel do cerebelo no sentido de ajudar instrumentistas e regentes a acompanhar o tempo musical e manter um andamento constante já era bem conhecido e muitos consideravam que ele era mobilizado no rastreamento do tempo musical dos ouvintes. Mas onde se encaixava a emoção? Qual poderia ser a ligação evolutiva entre a emoção, a noção de tempo e o movimento?

Para começo de conversa, quais seriam os fundamentos evolutivos das emoções? Os cientistas não concordam sequer a respeito do que são elas. Nós fazemos distinção entre as emoções (estados temporários que geralmente resultam de algum estímulo externo, seja atual, relembrado ou antecipado), estados de ânimo (estados nem tão temporários assim, mais duradouros, que podem ou não ter uma causa externa) e traços (uma propensão ou tendência a demonstrar certos estados, como "De modo geral ela é uma pessoa alegre" ou "Ele nunca está satisfeito"). Certos cientistas empregam a palavra *afeto* para designar a valência (positiva ou negativa) de nossos estados internos, reservando a palavra *emoção* para se referir a estados específicos. Desse modo, o afeto pode assumir apenas dois valores (ou ainda um terceiro, se contarmos com a hipótese "sem estado afetivo"), e em cada um deles temos toda uma variedade de emoções: entre as emoções positivas, poderíamos citar a felicidade e a saciedade, e entre as negativas, o medo e a raiva.

Crick e eu conversamos sobre a estreita vinculação, na história evolutiva, das emoções à motivação, e ele me lembrou de que, para nossos antepassados hominídeos, as emoções eram um estado neuroquímico motivador da ação, geralmente com fins ligados à sobrevivência. Vemos um leão, e isso instantaneamente provoca medo, um estado interno — uma emoção — consequente de determinado coquetel de neurotrans-

missores e índices de disparos. Esse estado a que damos o nome de "medo" nos leva a interromper o que estivermos fazendo e — sem sequer pensar a respeito — começar a correr. Comemos alguma comida estragada e sentimos a emoção do nojo; imediatamente, certos reflexos fisiológicos são desencadeados, como a compressão das narinas (para impedir a entrada de um possível odor tóxico) e a expulsão da língua da boca (para descartar o alimento estragado); também comprimimos a garganta, para limitar a quantidade dessa comida que chegará ao estômago. Se vemos um depósito d'água depois de andar perdidos durante horas, ficamos exultantes: bebemos, e a saciedade nos dá uma sensação de bem-estar e contentamento, emoções que nos farão lembrar, numa próxima ocasião, onde fica a fonte d'água.

Nem todas as atividades emocionais levam a movimentos motores, mas muitas das que são importantes funcionam assim, e correr é uma das que podem ser consideradas primordiais. Podemos correr mais rapidamente e com eficiência muito maior se o fizermos num ritmo regular: teremos menor probabilidade de tropeçar ou perder o equilíbrio. Nesse ponto, o papel do cerebelo é claro. E a ideia de que as emoções podem estar vinculadas aos neurônios cerebelares também faz sentido. As atividades mais cruciais para a sobrevivência frequentemente envolvem o ato de correr — para fugir de um predador ou alcançar uma presa em fuga —, e nossos antepassados precisavam reagir com rapidez, instantaneamente, sem analisar a situação ou estudar a melhor forma de agir. Em suma, nossos antepassados eram dotados de um sistema emocional diretamente ligado ao sistema motor e podiam reagir com mais rapidez, o que lhes permitia sobreviver e se reproduzir, transmitindo esses genes à próxima geração.

O que realmente interessava Crick não eram as origens evolutivas do comportamento, mas os dados. Ele lera o trabalho de Schmahmann, que tentava ressuscitar ideias antigas caídas em descrédito ou simplesmente esquecidas, como um estudo de 1934 que levantava a hipótese de que o cerebelo estava envolvido na modulação dos estímulos, da atenção e do sono. Na década de 1970, descobriu-se que lesões em determinadas regiões do cerebelo podiam causar dramáticas mudanças na ativação dos

estímulos. Macacos acometidos de uma lesão em certa parte do cerebelo manifestavam raiva — chamada pelos cientistas de falsa raiva, pois nada havia no ambiente que pudesse causar tal reação. (Naturalmente, os macacos tinham seus motivos para sentir raiva, pois um cirurgião acabara de provocar lesões em partes de seu cérebro, mas as experiências demonstram que eles só manifestam o sentimento depois da ocorrência das lesões cerebelares.) Lesões em outras partes do cerebelo provocam calma e têm sido usadas na prática clínica para tranquilizar esquizofrênicos. A estimulação elétrica numa estreita faixa de tecido no centro do cerebelo, chamada verme, pode levar à agressão nos seres humanos, e, numa região diferente, à redução da ansiedade e da depressão.

Crick, que ainda tinha à sua frente o prato de sobremesa, afastou-o. Em seguida, apanhou um copo de água gelada. Eu via as veias de suas mãos sob a pele. Por um momento, achei que estava vendo o seu pulso bater. Ele se calou por um momento, pensando, olhando. O salão estava completamente quieto agora, mas pela janela aberta ouvíamos ao longe o quebrar das ondas.

Discutimos o trabalho dos neurobiólogos que, na década de 1970, demonstraram que o ouvido interno, ou labirinto, não enviava todas as suas conexões para o córtex auditivo, como se acreditava até então. Em gatos e ratos, animais de sistemas auditivos bem conhecidos e bastante semelhantes ao nosso, ocorrem projeções diretas do ouvido interno para o cerebelo, coordenando os movimentos envolvidos na orientação do animal para um estímulo auditivo no espaço. No cerebelo, existem até neurônios sensíveis à localização, uma maneira eficiente de orientar rapidamente a cabeça ou o corpo para alguma fonte de estímulos. Essas áreas, por sua vez, enviam projeções para regiões do lobo frontal que, em meus estudos com Vinod Menon e Ursula, se revelaram ativas no processamento tanto da linguagem quanto da música — regiões do córtex inferior frontal e orbitofrontal. O que estava acontecendo ali? Por que as conexões provenientes do ouvido passariam ao largo do córtex auditivo, a área central de recebimento da audição, para enviar massas de fibras ao cerebelo, um centro de controle motor (e talvez também, como podíamos estar constatando, emotivo)?

A redundância e a distribuição de funções são princípios cruciais da neuroanatomia, mas um organismo precisa viver o suficiente para transmitir seus genes por meio da reprodução. A vida é perigosa; não faltam oportunidades de levar uma paulada na cabeça e possivelmente perder alguma função cerebral. Para que a funcionalidade não seja afetada depois de um ferimento, é necessário que uma determinada área não comprometa todo o sistema, portanto, os complexos cerebrais mais importantes desenvolveram trilhas adicionais, suplementares.

Nosso sistema perceptivo está extraordinariamente bem preparado para detectar mudanças no ambiente, pois podem ser um sinal de perigo iminente. É o que constatamos em cada um dos cinco sentidos. Nosso sistema visual, apesar de dotado da capacidade de ver milhões de cores e de enxergar no escuro — em uma iluminação de apenas um fóton em um milhão — é o que se mostra mais sensível às mudanças súbitas. Uma região inteira do córtex visual, a área MT, especializa-se na detecção do movimento; nela, os neurônios são disparados quando um objeto em nosso campo visual se movimenta. Todos já passamos pela experiência de ter insetos pousando em nosso pescoço e de instintivamente os expulsar: nosso sistema tátil notou uma mudança extremamente sutil na pressão sobre a pele. E embora as crianças já estejam cansadas de ver cenas assim nos desenhos animados, a força de uma alteração no olfato — o cheiro de uma torta de maçã vindo da casa vizinha — pode provocar em nós uma reação de alerta e orientação. Mas são reconhecidamente os sons que desencadeiam as reações de maior alarme. Um ruído repentino nos faz saltar da cadeira, voltar a cabeça, abaixar-nos ou tampar os ouvidos.

O alerta auditivo é a mais pronta, e provavelmente a mais importante, de nossas reações de alerta. Isso faz sentido: no mundo em que vivemos, cercados por uma camada de atmosfera, o movimento súbito de um objeto — especialmente um objeto grande — provoca uma perturbação do ar, e o movimento dessas moléculas é percebido por nós na forma de um som. O princípio da redundância determina que nosso sistema nervoso deve estar em condições de reagir à entrada sonora ainda que venha a ser parcialmente danificado. Quanto mais interna-

mente observarmos o cérebro, mais encontraremos trilhas redundantes, circuitos latentes e conexões entre os sistemas dos quais não tínhamos conhecimento — algo como sistemas secundários — e que desempenham um importante papel na sobrevivência. Recentemente a literatura científica apresentou artigos sobre pessoas cujas trilhas visuais foram interrompidas, mas que continuam capazes de "ver". Embora não tenham consciência de estar enxergando — na verdade, afirmam estar cegas —, continuam capazes de se orientar para os objetos e, em certos casos, de identificá-los.

Um sistema auditivo vestigial ou suplementar também parece funcionar em ligação com o cerebelo, o que preserva nossa capacidade de reagir rapidamente — com emoção e movimento — a sons que indicam possível perigo.

Em relação direta com o reflexo de alerta e com a extraordinária sensibilidade para a mudança evidenciada pelo sistema auditivo, temos o circuito da habituação. Se sua geladeira produz um leve ronco, você se acostuma e acaba por não ouvi-lo: isto é a habituação. Um rato dormindo em sua toca ouve um barulho: podem ser os passos de um predador, e ele logo fica em estado de alerta, mas pode ser o som de um galho de árvore balançando ao vento, batendo no solo acima dele de maneira mais ou menos ritmada. Tendo-se repetido a leve pancada do galho uma ou duas dezenas de vezes contra o teto de sua toca, ele constata que não corre perigo e passa a ignorar esses sons, dando-se conta de que não constituem uma ameaça. Em caso de mudança da intensidade ou da frequência, é sinal de que as condições ambientais mudaram e que ele deve começar a prestar atenção. Talvez o vento tenha recomeçado com maior força, fazendo com que o galho atinja sua toca. Talvez o vento tenha arrefecido e ele já possa sair para buscar comida e acasalar sem medo de ser arrastado por ventanias. A habituação é um processo importante e necessário para distinguir as verdadeiras ameaças. O cerebelo funciona como uma espécie de cronômetro, de tal maneira que, lesionado, sua capacidade de identificar a regularidade dos estímulos sensórios fica comprometida, e a habituação se esvai.

Ursula falou a Crick da descoberta de Albert Galaburda, em Harvard, de que indivíduos com a síndrome de Williams (SW) apresentam falhas na formação do cerebelo. A síndrome ocorre quando faltam cerca de vinte genes no cromossomo 7, ocorrendo em um em cada vinte mil nascimentos, sendo, portanto, 25% menos frequente do que a síndrome de Down, distúrbio de desenvolvimento mais conhecido. Tal como acontece com a síndrome de Down, a de Williams resulta de um erro de transmissão genética que ocorre nos primeiros estágios de desenvolvimento do feto. No universo de aproximadamente 25 mil genes de que dispomos, a perda de 20 é devastadora. As pessoas que sofrem da síndrome de Williams podem acabar com profunda deterioração das funções intelectuais, e poucas são capazes de aprender a contar, distinguir o tempo ou ler. Apesar disso, têm uma capacitação linguística mais ou menos intacta, são muito musicais e mostram-se extraordinariamente extrovertidas e agradáveis; no fundo, podem ser até mais emotivas que o resto das pessoas — e certamente são mais amistosas e gregárias. Fazer música e conhecer novas pessoas tendem a ser duas de suas atividades preferidas. Schmahmann constatara que a ocorrência de lesões no cerebelo pode levar a sintomas semelhantes aos da síndrome de Williams, fazendo com que as pessoas de uma hora para a outra se tornem extrovertidas e demonstrem excessiva intimidade com estranhos.

Há cerca de dois anos, fui convidado a visitar um adolescente com SW. Kenny era extrovertido, alegre e gostava de música, mas tinha um QI menor que cinquenta, o que significava que, aos 14 anos, apresentava a capacidade mental de uma criança de 7. Além disso, como acontece com a maioria das pessoas acometidas da síndrome de Williams, sua coordenação entre os olhos e as mãos era muito deficiente, e ele tinha dificuldade para abotoar as roupas (precisava ser ajudado pela mãe), para amarrar os sapatos (usava tiras de velcro em vez de cadarços) e até para subir escadas e levar a comida do prato à boca. Mas tocava clarineta. Aprendera algumas peças e era capaz de executar os numerosos e complicados movimentos digitais necessários para tocá-las. Não sabia dizer os nomes das notas nem descrever o que estava fazendo em qualquer trecho da peça: era como se seus dedos tivessem autonomia. De uma hora

para outra, os problemas de coordenação entre os olhos e as mãos deixavam de existir! Mas bastava que parasse de tocar e já precisava de ajuda para abrir o estojo e guardar a clarineta.

Na Faculdade de Medicina da Universidade de Stanford, Allan Reiss demonstrou que o neocerebelo, a parte mais recente do cerebelo, é maior do que o normal em pessoas acometidas de SW. Nelas, algo revelava-se diferente nos movimentos, quando associados à música. O fato de sua morfometria cerebelar ser diferente parecia indicar que o cerebelo seria, nelas, aquela parte com uma "mente própria", o que poderia nos ensinar algo sobre a maneira como normalmente influencia o processamento musical nas pessoas sem SW. O cerebelo é fundamental em certos elementos da emoção: alerta, medo, raiva, calma, instinto gregário. Constatava-se agora que também estava implicado no processamento auditivo.

Ainda sentado ao meu lado, já muito depois de terem sido retirados os pratos, Crick fez referência ao "problema da vinculação", um dos mais difíceis da neurociência cognitiva. A maioria dos objetos apresenta certo número de características processadas por subsistemas neurais separados; no caso dos objetos visuais, elas podem ser a cor, a forma, o movimento, o contraste, o tamanho e assim por diante. De alguma forma o cérebro precisa "vincular" os distintos componentes da percepção de modo a formar um todo coerente. Já disse aqui que os cientistas cognitivos a consideram um processo construtivo, mas cabe perguntar o que efetivamente os neurônios fazem para juntar todos os elementos. Sabemos da existência desse problema a partir do estudo de pacientes com lesões ou doenças neuropáticas específicas como a síndrome de Balint, que faz com que as pessoas sejam capazes de reconhecer apenas uma ou duas características de determinado objeto, mas não de uni-las de maneira coerente. Certos pacientes são capazes de dizer onde se encontra um objeto em seu campo visual, mas não de identificar sua cor, ou vice-versa. Outros ouvem o timbre e o ritmo, mas não a melodia, ou vice-versa. Isabelle Peretz descobriu um paciente que tem ouvido absoluto, mas não ouve as melodias! É capaz de identificar perfeitamente as notas pelos nomes, mas não conseguiria cantar, ainda que precisasse disso para salvar sua vida.

Uma possível solução para o problema da vinculação, propunha Crick, seria disparar os neurônios de maneira sincrônica no córtex. Em certa medida, a "hipótese assombrosa" de seu livro era a de que a consciência surge do disparo sincrônico, a 40 Hz, dos neurônios no cérebro. Os neurocientistas em geral consideravam que as operações do cerebelo ocorriam num nível "pré-consciente", pelo fato desse se encarregar da coordenação de atividades como correr, caminhar, agarrar e pegar, que geralmente dispensam o controle consciente. Não há motivos para supor, dizia ele, que os neurônios cerebelares não possam ser disparados a 40 Hz para aumentar o grau de consciência, embora normalmente não atribuamos graus equivalentes ao dos seres humanos aos organismos dotados apenas de cerebelo, como os répteis. "Preste atenção nas conexões", dizia Crick. Ele aprendera neuroanatomia sozinho no Instituto Salk e notara que muitos pesquisadores de neurociência cognitiva não observavam os princípios de sua própria disciplina, no sentido de usar o cérebro como fator limitador de hipóteses. Crick não tinha muita paciência com essas pessoas e acreditava que o verdadeiro progresso só pode ser alcançado pelos pesquisadores que estudem rigorosamente os detalhes estruturais e funcionais do cérebro.

O colega dos léptons tinha retornado ao refeitório, para lembrá-lo de um compromisso. Levantamos para sair e Crick voltou-se para mim uma última vez, repetindo: "Preste atenção nas conexões..." Nunca mais voltaria a vê-lo. Ele morreu meses depois.

A conexão entre o cerebelo e a música não era tão difícil de perceber. Os participantes do seminário de Cold Spring Harbor discutiam de que maneira o lobo frontal — o centro das cognições mais avançadas nos seres humanos — está diretamente ligado ao cerebelo, a parte mais primitiva do cérebro humano. As conexões funcionam em ambas as direções, cada estrutura influenciando a outra. As regiões do córtex frontal que eram estudadas por Paula Tallal — e que nos ajudam a distinguir diferenças precisas nos sons da fala — também estavam ligadas ao cerebelo. O trabalho de Ivry sobre o controle motor demonstrou a existência de ligações entre os lobos frontais, o córtex occipital (a faixa

motora) e o cerebelo. Mas havia um outro participante dessa sinfonia neural, uma estrutura profundamente enraizada no córtex.

Em um estudo de referência publicado em 1999, Anne Blood, *fellow* de pós-doutoramento com Robert Zatorre no Instituto Neurológico de Montreal, demonstrara que as emoções musicais intensas — aquilo que os participantes de seu projeto descreveram como "arrepios e calafrios" — estavam associadas a áreas do cérebro que se consideravam envolvidas na gratificação, na motivação e nos estímulos: o estriado ventral, a amígdala, o mesencéfalo e regiões do córtex frontal. Interessei-me particularmente pelo estriado ventral — uma estrutura da qual faz parte o núcleo acumbente (NAc) — porque o NAc é o centro do sistema de gratificação do cérebro, desempenhando importante papel no prazer e no vício. Ele é ativado quando os jogadores ganham uma aposta ou quando dependentes consomem sua droga favorita; também está estreitamente ligado à transmissão de opioides no cérebro, graças à capacidade de liberar o neurotransmissor dopamina. Avram Goldstein demonstrara em 1980 que o prazer da audição musical podia ser bloqueado pela administração da droga nalaxona, que, se considerava, interferira com a dopamina no núcleo acumbente. Mas o tipo de escaneador cerebral utilizado por Blood e Zatorre, o tomógrafo emissor de pósitrons, não oferece uma resolução espacial suficientemente alta para detectar se há envolvimento do núcleo acumbente. Vinod Menon e eu dispúnhamos de muitos dados coletados com tecnologia de fMRI, da mais alta resolução, contando com uma definição capaz de estabelecer se havia envolvimento do núcleo acumbente na audição musical. Entretanto, para realmente chegar a uma conclusão sobre a maneira como o prazer é gerado no cérebro em resposta à música, teríamos de demonstrar o envolvimento do núcleo acumbente, num momento preciso, em uma sequência de estruturas neurais recrutadas durante o ato de ouvir música. O núcleo acumbente teria de ser mobilizado após a ativação de estruturas do lobo frontal que processam o esqueleto e o significado musicais. E para realmente saber que era o papel do núcleo acumbente como modulador da dopamina, teríamos de encontrar uma forma de demonstrar que sua ativação ocorria simultaneamente à de outras estruturas cerebrais envol-

vidas na produção e na transmissão da dopamina — caso contrário, não poderíamos sustentar que o envolvimento do núcleo acumbente não era mais do que mera coincidência. Finalmente, como havia tantos indícios apontando para o cerebelo, que sabemos contar igualmente com receptores de dopamina, ele também teria de ficar evidenciado nessa análise.

Menon acabara de ler estudos de Karl Friston e seus colegas sobre uma nova técnica matemática, chamada análise de conectividade funcional e efetiva, que nos permitiria tratar dessas questões, revelando a maneira como diferentes regiões do cérebro interagem durante as operações cognitivas. As novas análises de conectividade nos permitiriam detectar, no processamento musical, associações entre regiões neurais que não podem ser tratadas por técnicas convencionais. Medindo a interação entre regiões cerebrais — dentro das limitações de nosso conhecimento sobre suas conexões anatômicas —, a técnica nos facultaria examinar momento a momento as redes neurais induzidas pela música. Era certamente o que Crick gostaria de ver. A tarefa não era fácil; as experiências de escaneamento do cérebro geram milhões e milhões de dados; uma única sessão pode ocupar toda a memória de um computador comum. Uma análise dos dados feita nos moldes habituais — simplesmente para ver quais áreas são ativadas, não o novo tipo de análise que estávamos propondo — pode levar meses. E não havia programas estatísticos "prontos para usar" que fossem capazes de efetuar essas análises. Menon passou dois meses trabalhando as equações necessárias para efetuar essas análises, e quando concluiu, voltamos a analisar os dados que haviam sido coletados sobre pessoas ouvindo música clássica.

Constatamos exatamente aquilo que esperávamos. O ato de ouvir música provocava uma ativação, em cascata, de regiões cerebrais numa ordem específica. Primeiro o córtex auditivo, para o processamento inicial dos componentes do som. Em seguida, as regiões frontais, como BA44 e BA47, que havíamos identificado como participantes do processamento das estruturas e expectativas musicais. Finalmente, uma rede de regiões — o sistema mesolímbico — envolvidas nos estímulos, no prazer, na transmissão de opioides e na produção de dopamina, culminando numa ativação do núcleo acumbente. Durante todo esse tempo, o cerebelo e os

gânglios basais mantinham-se ativos, presumivelmente apoiando o processamento do ritmo e da métrica. Assim, os aspectos de gratificação e reforço do ato de ouvir música parecem ser mediados por níveis crescentes de dopamina no núcleo acumbente e pela contribuição do cerebelo para a regulação da emoção, mediante suas conexões com o lobo frontal e o sistema límbico. As atuais teorias neuropsicológicas associam os afetos e estados de ânimo positivos a níveis crescentes de dopamina, um dos motivos pelos quais muitos dos novos antidepressivos atuam no sistema dopaminérgico. Com toda evidência, a música é uma forma de melhorar o estado de ânimo das pessoas. Agora, julgamos saber por quê.

A música aparentemente imita certas características da linguagem e transmite algumas das mesmas emoções que a comunicação oral, mas de uma forma não referencial e não específica. Também mobiliza algumas das mesmas regiões neurais que a linguagem, mas, muito mais que essa, a música recorre a estruturas cerebrais primitivas envolvidas com a motivação, a gratificação e a emoção. Seja no caso dos primeiros toques de chocalho em "Honky Tonk Women" ou das notas iniciais de "Sheherazade", os sistemas de computação do cérebro sincronizam os osciladores neurais com a pulsação da música, começando a prever quando ocorrerá o próximo acento forte. À medida que a música avança, o cérebro constantemente atualiza as estimativas sobre quando deverão ocorrer novos acentos, extraindo satisfação da convergência entre um acento mental e um real e deliciando-se quando um músico mais hábil rompe essa expectativa de uma forma interessante — numa espécie de pilhéria musical da qual todos participamos. A música respira, acelera-se e desacelera-se exatamente como acontece na realidade, e nosso cerebelo sente prazer em se adaptar para manter a sincronia.

A música que efetivamente surte efeito — a que tem balanço — implica sutis rupturas da noção de tempo. Assim como o rato tem uma reação emocional a determinada modificação no ritmo da batida do galho em sua toca, nós também reagimos à ruptura da noção de tempo musical representada pelo balanço. O rato, sem um contexto para tal ruptura, a vivencia na forma do medo. Sabemos, por meio da cultura e da experiência, que a música não é uma ameaça, e nosso sistema cognitivo interpre-

ta as rupturas como fontes de prazer e diversão. Essa reação emocional ao balanço ocorre através do circuito ouvido-cerebelo-núcleo acumbente-límbico, e não pelo circuito ouvido-córtex auditivo. Nossa reação ao balanço é em grande medida pré-consciente ou inconsciente, pois passa pelo cerebelo, em vez de pelos lobos frontais. O notável é que todas essas trilhas se integram em nossa experiência de uma única canção.

A história da ação da música em nosso cérebro é de uma requintada orquestração de regiões cerebrais, envolvendo ao mesmo tempo as partes mais novas e mais antigas do cérebro humano, assim como regiões tão distantes quanto o cerebelo, na parte posterior da cabeça, e os lobos frontais, logo atrás dos olhos. Ela põe em ação uma precisa coreografia de liberação e apreensão entre sistemas de previsão lógica e de gratificação emocional. Quando gostamos de uma peça musical, ela nos faz lembrar de outras músicas, o que ativa traços mnemônicos de momentos emotivos. Tal como insistia Francis Crick no momento em que deixávamos o refeitório, a relação do cérebro com a música é uma questão de conexões.

CAPÍTULO 7

De que é feito um músico?

DISSECANDO A QUALIFICAÇÃO

Em seu álbum *Songs for Swinging Lovers*, Frank Sinatra evidencia um incrível controle de sua expressão emocional, do ritmo e da afinação. Não sou nenhum fanático de Sinatra. Tenho apenas cerca de meia dúzia dos mais de duzentos álbuns que ele lançou e não gosto dos seus filmes. Para dizer a verdade, acho seu repertório quase sempre bobinho; e em tudo que gravou depois de 1980, ele soa muito pretensioso. Anos atrás, a revista *Billboard* me encomendou uma resenha do último álbum por ele gravado, em dueto com cantores populares como Bono e Gloria Estefan, e eu acabei com ele, escrevendo que Frank "canta com a satisfação de quem acabou de matar alguém".

Em *Swinging Lovers*, todavia, cada nota é perfeita, no tempo e na afinação. E não quero dizer "perfeita" do estrito ponto de vista da partitura; seu ritmo e seu controle do tempo são completamente errados se analisarmos como a música está anotada, mas são perfeitos para expressar emoções que transcendem qualquer descrição. Seu fraseado apresenta nuances inacreditavelmente detalhadas e sutis: a capacidade de prestar atenção a tantos detalhes e controlá-los é algo que nem posso imaginar. Tente cantar acompanhando qualquer canção de *Swinging Lovers*. Nunca encontrei alguém que fosse capaz de acompanhar exatamente o fraseado de Sinatra, por demais nuançado, peculiar, idiossincrático.

Como alguém se torna um músico altamente qualificado? E por que, entre os milhões de pessoas que estudam música na infância, relativamente poucas continuam na idade adulta? Muitas pessoas, quando desco-

brem como ganho a vida, dizem-me que adoram ouvir música, mas que suas aulas de música "não foram adiante". Eu, porém, acho que estão sendo excessivamente autocríticas. Em nossa cultura, o enorme aumento do abismo entre os especialistas em música e os músicos do dia a dia faz com que as pessoas se sintam desestimuladas, e por algum motivo isso só acontece com a música. Embora quase ninguém seja capaz de jogar basquete como Shaquille O'Neal ou cozinhar como Julia Child, qualquer um pode curtir uma bola ao cesto no fundo do quintal ou preparar um almoço para a família e os amigos no fim de semana. Esse abismo de performance realmente parece ter um caráter cultural, específico da sociedade ocidental contemporânea, e embora muitas pessoas digam que suas aulas de música não foram adiante, não é o que os neurocientistas cognitivos têm constatado nos laboratórios. Até mesmo um breve período de aprendizagem musical na infância gera circuitos neurais de processamento musical aprimorados e mais eficientes do que os de pessoas sem qualquer treinamento. As aulas de música ensinam a ouvir melhor e aceleram a capacidade de discernir estrutura e forma na música, ajudando a descobrir de que música gostamos ou não.

Mas o que dizer dessas pessoas que todos reconhecemos como autênticos especialistas em música — os Alfred Brendel, as Sarah Chang, os Wynton Marsalis, as Tori Amos? Como terão desenvolvido isso que a maioria de nós não tem, uma extraordinária facilidade de tocar? Será que têm um conjunto de habilidades — ou estruturas neurais — de tipo completamente diferente dos nossos (uma diferença de espécie) ou simplesmente contam com uma quantidade maior do mesmo material básico do qual somos todos dotados (uma diferença de grau)? E será que os compositores dispõem de um conjunto de capacitações essencialmente diferente dos intérpretes?

O estudo científico de especialização e alta qualificação tem sido um dos grandes temas da ciência cognitiva nos últimos trinta anos, e a especialização em música tende a seguir nesse processo. Em quase todos os casos, a qualificação musical é definida em termos de empreendimento técnico — o domínio de um instrumento ou dos métodos de composição. O falecido Michael Howe e seus colaboradores Jane Davidson e John

Sloboda desencadearam um debate internacional ao perguntarem se o conceito leigo de "talento" é defensável do ponto de vista científico. Eles partiam do princípio de que existe a seguinte dicotomia: os altos níveis de realização musical baseiam-se em estruturas cerebrais inatas (aquilo que chamamos de *talento*) ou resultam simplesmente de treinamento e prática. Definem talento como algo que (1) tem origem em estruturas genéticas; (2) pode ser identificado desde as primeiras manifestações por pessoas treinadas antes mesmo que sejam alcançados níveis excepcionais de desempenho; (3) pode ser usado para prever quem tem probabilidades de se destacar; e (4) pode ser encontrado apenas numa minoria, pois se todos fossem "talentosos" o conceito perderia o significado. A ênfase na detecção precoce significa que devemos estudar o desenvolvimento das capacitações nas crianças. Eles acrescentam que, num terreno como o da música, o "talento" pode manifestar-se de formas diferentes.

É evidente que certas crianças adquirem habilidades com mais rapidez que outras: a idade em que começam a andar, a falar e a ser treinadas na higiene pessoal varia muito, inclusive entre irmãos. Pode haver interferência de fatores genéticos, mas é difícil separar os fatores secundários — presumivelmente, com algum componente ambiental —, tais como motivação, personalidade e dinâmica familiar. Fatores semelhantes podem influenciar o desenvolvimento musical, encobrindo as contribuições da genética para a capacitação musical. Até o momento, os estudos sobre o cérebro não se têm mostrado muito úteis no desmembramento dessas questões, por se revelar difícil separar causa e efeito. Em Harvard, Gottfried Schlaug colecionou imagens de escaneamento cerebral de indivíduos com ouvido absoluto (OA), demonstrando que uma região do córtex auditivo — o plano temporal — é maior nestas pessoas, o que parece indicar que tal plano está envolvido no processo do OA, mas ainda não sabemos com clareza se desde o início ele já é maior nas pessoas que vêm a adquirir OA ou, pelo contrário, o desenvolvimento do OA é que aumenta o tamanho do plano. A questão revela-se mais clara nas áreas do cérebro envolvidas nas habilitações motoras. Os estudos sobre violinistas realizados por Thomas Elbert mostraram que a região do cérebro responsável pela movimentação da mão esquerda — aquela que

deve mostrar-se mais precisa na arte do violino — tem seu tamanho aumentado com a prática do instrumento. Ainda não sabemos se a propensão para o aumento é preexistente em certas pessoas.

O indício mais forte em favor da tese do talento é o de que certas pessoas simplesmente adquirem habilidades musicais mais rapidamente que outras. Os indícios contrários — ou antes, em favor do ponto de vista de que a prática leva à perfeição — provêm das pesquisas sobre a quantidade de treinamento a que efetivamente se submetem os especialistas e as pessoas que alcançam altos níveis de realização. Tal como os especialistas em matemática, xadrez ou esportes, os da música precisam de longos períodos de instrução e prática para adquirir habilidades e capacitações necessárias para realmente se destacar. Em vários estudos, constatou-se que os melhores alunos dos conservatórios de música eram os que mais praticavam, às vezes duas vezes mais que os que não eram considerados tão bons.

Em outro estudo, os alunos foram secretamente divididos em dois grupos (que não lhes foram revelados, para não os predispor) com base nas avaliações de suas habilidades feitas pelos professores ou na percepção que tinham de seu talento. Vários anos depois, os alunos que tiveram as melhores avaliações de desempenho eram os que haviam praticado mais, independentemente do grupo de "talento" em que haviam sido incluídos antes, o que sugere que a prática é a causa do desempenho e não apenas algo a ele relacionado, e que o talento é uma etiqueta que usamos de forma circular: quando dizemos que alguém é talentoso, consideramos que a pessoa tem uma predisposição inata para se destacar, mas no fim das contas só usamos o termo retrospectivamente, depois de surgirem resultados significativos.

Na Universidade Estadual da Flórida, Anders Ericsson e seus colegas tratam a questão da especialização musical como um problema geral da psicologia cognitiva que diz respeito à maneira como os seres humanos adquirem determinado grau de especialização. Em outras palavras, ele parte do princípio de que existem certas questões envolvidas no esforço para se tornar especialista *em qualquer coisa*; de que podemos aprender a respeito da especialização musical observando grandes escritores, jogadores de xadrez, atletas, pintores e matemáticos, além dos músicos.

Primeiramente, o que queremos dizer com a palavra "especialista"? De modo geral, estamos nos referindo a alguém que alcançou um alto grau de aperfeiçoamento em relação aos outros. Nesse sentido, a especialização é um julgamento social; estamos formulando algo a respeito de alguns poucos membros de uma sociedade, em comparação com a população em geral. Além disso, normalmente se considera que esse alto nível de realização se manifesta num campo do nosso interesse. Como assinala Sloboda, posso tornar-me um especialista em cruzar os braços ou pronunciar meu próprio nome, mas isso em geral não é considerado o mesmo que se tornar um especialista, por exemplo, em xadrez, em consertar Porsches ou em ser capaz de roubar joias da coroa britânica sem ser pego.

O quadro aos poucos delineado por esses estudos é o de que são necessárias 10 mil horas de prática para alcançar o nível de mestria associado aos especialistas de categoria internacional em qualquer campo. Em estudos sobre compositores, jogadores de basquete, ficcionistas, patinadores no gelo, pianistas de concerto, jogadores de xadrez, grandes criminosos ou o que quer que seja, esse número surge invariavelmente. Dez mil horas equivalem aproximadamente a três horas por dia ou vinte horas de prática por semana, durante dez anos. Naturalmente, isso não explica por que certas pessoas parecem não chegar a lugar nenhum quando praticam, nem por que algumas obtêm melhores resultados com suas sessões de prática do que outras. Mas ninguém até hoje encontrou nenhum caso de autêntica especialização, em categoria internacional, que fosse adquirida em menos tempo. Parece que o cérebro necessita desse período para assimilar tudo o que precisa saber para alcançar a verdadeira mestria.

A teoria das 10 mil horas está de acordo com o que sabemos sobre a maneira como o cérebro aprende, necessitando da assimilação e da consolidação de informações no tecido neural. Quanto mais experiência tivermos com determinada área, mais forte se tornará o traço mnemônico e de aprendizado dessa experiência, embora haja diferenças entre as pessoas no que diz respeito ao tempo necessário para tal. Isto se aplica indiferentemente, seja você adepto da teoria dos múltiplos traços ou de

quaisquer variantes teóricas na neuroanatomia da memória: a força dela está relacionada ao número de vezes em que o estímulo original foi experimentado e à importância que atribuímos à experiência.

Existem rótulos ou etiquetas neuroquímicos associados às lembranças para assinalar sua importância, e tendemos a codificar como importantes as que apresentam uma forte carga emotiva, seja positiva ou negativa. Costumo dizer a meus alunos que, se querem se sair bem numa prova, precisam realmente dar valor à matéria quando a estudam. Essa atenção e cuidado pode, em parte, explicar as diferenças precocemente detectadas na rapidez com que as pessoas adquirem novas capacitações. Quando realmente gosto de determinada peça musical, vou querer praticá-la mais e, como a considero importante, associarei rótulos neuroquímicos a cada aspecto da memória que a identifica: as sonoridades da peça, a forma como movimento os dedos, a maneira como respiro, no caso de estar tocando um instrumento de sopro.

Da mesma forma, quanto toco um instrumento de que gosto, e cujos sons em si me agradam, é mais provável que preste atenção a sutis diferenças de sonoridade e na maneira como posso moderar e afetar a produção sonora do instrumento. A importância desses fatores não poderia ser exagerada; o fato de ser conferido valor a algo leva à atenção, e os dois juntos geram mudanças neuroquímicas mensuráveis. A dopamina, o neurotransmissor associado à regulação emocional, à vigilância e aos estados de ânimo, é liberada, e o sistema dopaminérgico contribui para a codificação do traço mnemônico.

Em decorrência de uma série de fatores, algumas pessoas que têm aulas de música mostram-se menos motivadas a praticar; sua prática surte menos efeito por causa dos fatores ligados à motivação e à atenção. A tese das 10 mil horas é convincente porque se evidencia em estudo após estudo, em muitos domínios. Os cientistas gostam de ordem e simplicidade, de modo que, quando vemos um número ou uma fórmula aparecendo em diferentes contextos, tendemos a considerá-lo como uma explicação. Como tantas teorias científicas, contudo, a das 10 mil horas tem suas falhas e ainda precisa responder a contra-argumentos e refutações.

Sua refutação clássica é algo como: "Muito bem, e o caso de Mozart? Ele já compunha sinfonias aos 4 anos de idade! E ainda que tivesse praticado quarenta horas por semana desde o dia em que nasceu, não somariam 10 mil horas." Em primeiro lugar, encontramos erros factuais nessa argumentação: Mozart só começou a compor aos 6 anos, e só comporia sua primeira sinfonia aos 8. Ainda assim, compor uma sinfonia aos 8 anos é algo fora do comum, para dizer o mínimo. Mozart mostrou-se precoce, mas isso não é o mesmo que ser um especialista. Muitas crianças compõem música, e algumas chegam a compor obras extensas ainda aos 8 anos de idade. E Mozart foi intensivamente treinado pelo pai, reconhecido na época como o maior professor de música da Europa. Não sabemos quanto praticava, mas se começou aos 2 anos, trabalhando 32 horas por semana (o que é perfeitamente possível, considerando-se a fama de professor exigente do pai), já teria completado suas 10 mil horas aos 8 anos. Ainda que Mozart não tivesse praticado tanto, a tese não afirma que são necessárias 10 mil horas para compor uma sinfonia. Todos sabemos que Mozart acabaria por se tornar um especialista, mas cabe perguntar se a composição dessa primeira sinfonia o qualificava como tal ou se ele viria a alcançar seu nível de especialização musical posteriormente.

John Hayes, da Carnegie Mellon, fez exatamente essa pergunta. A Sinfonia nº 1 de Mozart pode ser considerada obra de um especialista? Formulando de outra maneira: se Mozart não tivesse composto mais nada, essa sinfonia seria considerada uma obra de gênio? Talvez ela nem seja assim tão boa, e o único motivo para termos tomado conhecimento dela é o fato de a criança que a compôs ter-se tornado... Mozart: nosso interesse por ela é histórico, não estético. Hayes examinou programas dos concertos das grandes orquestras e o catálogo de gravações comerciais, pressupondo que as melhores obras musicais teriam maior probabilidade de ser tocadas e gravadas que as de menor importância. Constatou que as primeiras obras de Mozart não eram utilizadas com muita frequência, sendo em grande parte consideradas apenas curiosidades pelos musicólogos, composições que de modo algum antecipavam as obras depuradas que estavam por vir. As obras de Mozart consideradas real-

mente geniais são as que compôs bem depois de ter passado das 10 mil horas de treino.

Como vimos no debate sobre memória e categorização, a verdade está em algum ponto entre os dois extremos, numa mistura das duas hipóteses que se defrontam no debate natureza/cultura. Para entender como ocorre essa síntese e as previsões que estabelece, precisamos examinar mais detidamente o que dizem os geneticistas.

Partindo do princípio de que, se existe uma contribuição genética para a música, ela haverá de se manifestar nas famílias, já que irmãos e irmãs compartilham 50% dos genes, os geneticistas tentam encontrar na constituição genética traços passíveis de serem observados. Pode ser difícil, no entanto, separar a influência dos genes e a do ambiente, da qual faz parte o ambiente uterino: os alimentos ingeridos pela mãe, o fato de ela fumar ou beber, e outros fatores que influenciam a quantidade de nutrientes e oxigênio absorvida pelo feto. Até gêmeos idênticos podem experimentar ambientes muito diferentes no interior do útero, em função do espaço de que dispõem, das possibilidades de se movimentar e da posição.

É difícil distinguir as influências genéticas das ambientais numa capacitação que contém um componente de aprendizado como a música, que tende a ser cultivada em família. Porém, uma criança com pais ligados a música tem maior probabilidade de ser estimulada a aprender música mais cedo do que uma criança de uma família "não musical", e seus irmãos provavelmente receberão níveis equivalentes de apoio. Por analogia, os pais que falam francês provavelmente criarão filhos que falam francês, e os que não falam provavelmente não o farão. Podemos dizer que falar francês "é de família", mas até hoje nunca ouvi alguém dizer que é algo genético.

Uma maneira encontrada pelos cientistas para determinar a base genética de traços ou habilidades é o estudo de gêmeos idênticos, especialmente quando criados separadamente. No estado de Minnesota, o banco de dados sobre gêmeos mantido pelos psicólogos David Lykken, Thomas Bouchard e seus colegas tem acompanhado gêmeos idênticos e fraternos criados juntos ou separadamente. Como os gêmeos fraternos comparti-

lham 50% de seu material genético, enquanto os gêmeos idênticos compartilham 100%, os cientistas têm condições de estabelecer uma separação entre as influências da natureza e da cultura. Quando algo apresenta um componente genético, caberia supor que se manifeste com mais frequência em gêmeos idênticos — ainda que tenham sido criados em ambientes diferentes — do que em gêmeos fraternos. Os geneticistas comportamentais buscam esses padrões e elaboram teorias sobre a hereditariedade de determinados traços.

A abordagem mais recente examina as concatenações genéticas. Se um traço parece ser hereditário, podemos tentar isolar os genes associados a ele. (Não estou dizendo "responsáveis por esse traço", pois as interações entre os genes são muito complicadas, e não podemos afirmar com certeza que um único gene "causa" um traço.) Isto se torna ainda mais complexo pelo fato de podermos ter um gene associado a algum elemento sem que ele esteja ativo; nem todos os genes estão "ligados" ou sendo expressos o tempo todo. Estabelecendo o perfil expressivo de partes de genes, podemos determinar quais estão sendo expressos em determinado momento. O que significa isso? Nossos genes, aproximadamente 25 mil, controlam a síntese das proteínas usadas pelo corpo e pelo cérebro para desempenhar as funções biológicas. Controlam o crescimento do cabelo, sua cor, a produção de fluidos digestivos e saliva, a estatura. Durante o surto de crescimento da puberdade, algo precisa dizer ao nosso corpo que comece a crescer, e alguns anos mais tarde, que pare esse processo. E quem o faz são os genes, carregando instruções sobre o que e como fazer.

Estabelecendo o perfil expressivo dos genes, posso analisar uma amostra do seu ARN e, se souber o que procuro, direi se o seu gene do crescimento está ativo — vale dizer, se está sendo expresso — nesse exato momento. Atualmente, a análise da expressão genética no cérebro não é prática, pois nossas técnicas (e as que se descortinam para um futuro próximo) requerem que analisemos um pedaço de tecido cerebral, o que a maioria das pessoas acha desagradável.

Os cientistas que estudaram gêmeos idênticos criados separadamente encontraram notáveis semelhanças. Em certos casos, as crianças fo-

ram separadas ao nascer, nem sequer tendo sido informadas da existência do irmão. Podiam estar sendo criados em ambientes muito diferentes em termos geográficos (Maine *versus* Texas, Nebraska *versus* Nova York), em recursos financeiros e em valores religiosos ou culturais. Submetidos novamente a observação vinte ou mais anos depois, manifestavam semelhanças impressionantes. Uma mulher gostava de ir à praia e sempre mergulhava de costas na água; sua gêmea (que nunca a encontrara) fazia exatamente o mesmo. Um homem tinha como profissão vender seguros, cantava no coro da igreja e usava cinturões com o símbolo da cerveja Lone Star na fivela; o mesmo acontecia com seu gêmeo idêntico, do qual estava separado desde o nascimento. Estudos como esses indicaram que a musicalidade, a religiosidade e a criminalidade têm um forte componente genético. De outra forma, como explicar tais coincidências?

Outra possível explicação é de natureza estatística, podendo ser enunciada assim: "Se procurarmos bastante e fizermos todas as comparações necessárias, encontraremos as mais estranhas coincidências, que, na verdade, nada significam." Tomem-se por exemplo duas pessoas na rua ao acaso, sem qualquer relação uma com a outra, exceto, talvez, o fato de terem Adão e Eva como antepassados comuns. Examinando uma quantidade significativa de traços, fatalmente vamos encontrar alguns não óbvios em comum. Não me refiro a exemplos como "Meu Deus! Você também respira oxigênio!", mas algo como: "Costumo lavar o cabelo às terças e sextas-feiras, e nas terças uso um xampu de ervas — esfregando apenas com a mão esquerda e sem usar condicionador. Na sexta-feira, uso um xampu australiano que também contém condicionador. Depois, leio a revista *New Yorker* enquanto ouço Puccini." Histórias assim indicam a existência de alguma ligação subjacente entre essas pessoas, não obstante as afirmações dos cientistas de que seus genes e os ambientes onde foram criadas não podiam ser mais diferentes. No entanto, todos nós diferimos uns dos outros em milhares de maneiras diferentes, e temos nossas peculiaridades. De vez em quando, encontramos concorrências e ficamos surpresos. Do ponto de vista estatístico, contudo, isso não é mais surpreendente, por exemplo, do que o fato de eu pensar num número entre um e cem e você adivinhar qual é. Talvez você não adivinhe

na primeira vez, mas se levarmos adiante o jogo, acabará adivinhando de vez em quando (um por cento das vezes, para ser exato).

Outra explicação possível tem a ver com a psicologia social: a aparência de alguém influencia a maneira como é tratado (no caso de "aparências" consideradas genéticas); de modo geral, determinado organismo desperta reações específicas em função de sua aparência. Esse conceito intuitivo tem uma rica tradição na literatura, de Cyrano de Bergerac a Shrek: rejeitados em detrimento de sua aparência exterior, eles raramente tinham a oportunidade de mostrar sua verdadeira natureza. Nossa cultura romantiza histórias assim, considerando trágico o destino de uma pessoa boa que sofre por algo pelo qual não é responsável. O inverso também é verdadeiro: pessoas de boa aparência tendem a ganhar mais dinheiro, conseguir empregos melhores e se dizem mais felizes. Mesmo sem levar em conta o fato de uma pessoa ser considerada atraente ou não, sua aparência afeta a maneira como nos relacionamos com ela. Alguém que tenha nascido com traços faciais que associamos à confiabilidade — olhos grandes, por exemplo, com sobrancelhas arqueadas — tenderá a merecer a confiança dos outros. Uma pessoa alta pode suscitar mais respeito que uma pessoa baixa. Os encontros que temos ao longo da vida são determinados em certa medida pela maneira como os outros nos veem.

Não surpreende, assim, que gêmeos idênticos acabem desenvolvendo personalidades, traços, hábitos ou peculiaridades semelhantes. Uma pessoa com a extremidade interna das sobrancelhas voltada para baixo pode parecer sempre zangada — e será tratada pelo mundo de acordo com isso. Um sujeito de aparência indefesa estará sempre levando a pior; outro, com uma aparência de brutamontes, pode passar a vida sendo chamado para a briga — e acabará desenvolvendo uma personalidade agressiva. Percebemos esse princípio em certos atores. Hugh Grant, Judge Reinhold, Tom Hanks e Adrien Brody têm uma expressão facial inocente; sem precisar fazer nada, Grant tem aquele jeitão de "puxa vida", um rosto que indica ausência de malícia ou más intenções. Nessa linha de raciocínio, considera-se que certas pessoas nasceram com determinadas características, desenvolvendo sua personalidade em grande medida como

um reflexo da própria aparência. Os genes, nesses casos, influenciam a personalidade, mas de maneira indireta e secundária.

Não é difícil imaginar um argumento semelhante sendo aplicado aos músicos, especialmente os vocalistas. A voz de Doc Watson soa completamente sincera e inocente; não sei se ele é assim pessoalmente, e num determinado nível não importa. É possível que ele tenha se tornado um artista de sucesso pela maneira como as pessoas reagem à sua voz. Não me refiro ao fato de alguém nascer com uma "grande" voz (ou adquiri-la), como no caso de Ella Fitzgerald ou Plácido Domingo, mas à expressividade, independentemente de a voz em si mesma ser ou não um grande instrumento. Às vezes, ouvindo Aimee Mann cantar, percebo traços da voz de uma menininha, uma vulnerabilidade inocente que me comove, pois tenho a sensação de que ela está mexendo bem lá no fundo de si mesma, confessando sentimentos muito íntimos. Se é essa sua intenção ou se realmente se sente assim, não posso dizer; pode ser que tenha nascido com uma qualidade vocal que faça com que seus ouvintes tenham tais sentimentos, façam eles parte de sua vivência ou não. No fim das contas, a essência da performance musical é a possibilidade de transmitir emoção, seja porque o artista a sente ou porque tem a capacidade de fazer parecer como se sentisse.

Não estou insinuando que os atores e os músicos que mencionei não precisam trabalhar naquilo que fazem. Não conheço nenhum músico de sucesso que não tenha trabalhado muito para chegar onde chegou; não conheço nenhum que tenha visto o sucesso simplesmente lhe cair no colo. Muitos artistas são apresentados pela imprensa como "sensações da noite para o dia", mas, na realidade, passaram cinco ou dez anos trabalhando para chegar lá! A genética é um ponto de partida que pode influenciar a personalidade, a carreira ou as escolhas específicas feitas numa carreira. Tom Hanks é um grande ator, mas é provável que não lhe ofereçam o mesmo tipo de papéis que dão a Arnold Schwarzenegger, em grande parte por causa das diferenças genéticas. Schwarzenegger não nasceu com um corpo de halterofilista; trabalhou muito para consegui-lo, mas tinha uma predisposição genética nesse sentido. Da mesma forma, uma altura de quase 2 metros cria uma predisposição para que o indivíduo se torne

jogador de basquete, em vez de jóquei. Mas não basta que o sujeito tenha quase 2 metros de altura: ele terá de aprender o jogo e praticar durante anos para se tornar um especialista.

Tal como os atletas, os atores, os dançarinos, os escultores e os pintores, os músicos usam tanto o corpo como a mente. O papel desempenhado pelo corpo no canto ou na arte de tocar um instrumento (mas não tanto, é claro, na composição e na concepção de arranjos musicais) significa que as predisposições genéticas podem contribuir fortemente para a escolha dos instrumentos que um músico é capaz de tocar — e também para o fato de uma pessoa escolher ou não se tornar músico.

Quando eu tinha 6 anos, vi os Beatles no *Ed Sullivan Show*, e naquele momento decidi — algo que haveria de se tornar um clichê para as pessoas da minha geração — que queria tocar guitarra. Meus pais, que eram da velha escola musical, não consideravam a guitarra um "instrumento sério" e disseram-me que optasse pelo piano da família. Mas eu queria desesperadamente tocar guitarra. Recortava nas revistas retratos de violonistas clássicos como Andrés Segovia e os deixava distraidamente espalhados pela casa. Aos 6 anos, eu continuava falando com um pronunciado ceceio que me acompanhava desde sempre; só viria a me livrar dele aos 10 anos, quando passei pelo vexame de ser tirado da sala de aula, na quarta série, pelo fonoaudiólogo da escola pública, que passou nada menos que dois anos (a um ritmo de três horas por semana) me ensinando a mudar a maneira de pronunciar a letra *s*. Eu dizia que os Beatles deviam ser uma coisa muito *féria* para estar no *Ed Sullivan Show* com *artiftas* tão *férios*, como Beverly *Fills*, Rodgers e *Hammerftein* e John Gielgud. Eu não desistia mesmo.

Em 1965, quando eu tinha 8 anos, a guitarra estava por toda parte. A apenas 24 quilômetros de São Francisco, eu sentia uma revolução cultural e musical em andamento, e a guitarra estava no centro de tudo. Meus pais continuavam sem o menor entusiasmo por meu pendor para a guitarra, talvez por causa da ligação com os hippies e as drogas, ou quem sabe por eu não ter estudado piano com vontade no ano anterior. Eu insistia em que àquela altura os Beatles já tinham aparecido no *Ed Sullivan Show* quatro vezes, e meus pais quase cederam, concordando

em pedir conselhos a um amigo. "Jack King toca guitarra", disse minha mãe ao meu pai certa noite no jantar. "Podíamos perguntar a ele se acha que Danny já tem idade para começar a estudar guitarra." Jack, antigo colega dos meus pais, passou lá em casa certo dia, voltando do trabalho. Sua guitarra soava diferente das que me deixavam embasbacado diante da televisão e do rádio; era uma guitarra clássica, ou violão, imprópria para os acordes pesados do rock and roll. Jack era um homem alto de mãos grandes e cabelos negros à escovinha. Segurava o violão como quem ninasse um bebê. Eu percebia os sinuosos contornos da textura granulada da madeira acompanhando as curvas do instrumento. Ele tocou para nós. Não me deixou tocar no violão, mas me pediu que estendesse a mão e pressionou sua palma contra a minha. Não se dirigiu a mim nem me olhou, mas até hoje ouço claramente o que disse a minha mãe: "Ele tem mãos pequenas demais para tocar."

Hoje, sei que existem guitarras de tamanho 3/4 e 1/2 (inclusive tenho uma) e sei que Django Reinhardt, um dos maiores violonistas de todos os tempos, tinha apenas dois dedos na mão esquerda. Para um menino de 8 anos, contudo, as palavras dos adultos podem parecer definitivas. Em 1966, já tendo crescido mais e estando empolgado com o som das guitarras elétricas dos Beatles em "Help", eu tocava clarineta, feliz por pelo menos estar fazendo música. Finalmente comprei minha primeira guitarra aos 16 anos e, com a prática, aprendi a tocar razoavelmente. O rock e o jazz, gêneros que eu toco, não requerem o alcance maior da mão exigido pelo violão clássico. A primeira canção que aprendi a tocar — outro clichê da minha geração — foi "Stairway to Heaven", do Led Zeppelin (eram os anos 1970!). Certos trechos que os guitarristas com mãos diferentes são capazes de tocar sempre serão difíceis para mim, mas é o que acontece com qualquer instrumento. No Hollywood Boulevard, em Hollywood, encontramos na calçada da fama as marcas das mãos de alguns dos maiores músicos de rock. No verão passado, fiquei surpreso ao sobrepor minhas mãos na marca deixada por Jimmy Page (do Led Zeppelin), um dos meus guitarristas favoritos, e constatar que não são maiores do que as minhas.

Alguns anos atrás, apertei a mão de Oscar Peterson, o grande pianista de jazz. Elas eram muito grandes, as maiores que já apertei; tinham

pelo menos o dobro do tamanho das minhas. Ele começou sua carreira tocando stride piano, um estilo da década de 1920 em que o pianista toca o baixo em oitavas com a mão esquerda e a melodia com a direita. Para se destacar nesse estilo, ele precisa alcançar teclas muito distantes com um movimento mínimo das mãos, e Oscar é capaz de abranger uma oitava e meia com as mãos! Seu estilo tem a ver com os acordes que é capaz de tocar, que não estariam ao alcance de uma pessoa com mãos menores. Se Oscar Peterson tivesse sido obrigado a tocar violino na infância, teria sido impossível, com suas mãos tão grandes; a grossura de seus dedos dificultaria tocar um semitom no braço relativamente estreito do instrumento.

Certas pessoas têm uma predisposição biológica para determinados instrumentos ou para o canto. Também pode haver um agrupamento de genes que atuem em conjunto na geração das habilidades necessárias para se tornar um músico de sucesso: boa coordenação entre os olhos e as mãos, controle muscular e motor, pertinácia, paciência, memória para certos tipos de estruturas e padrões, senso de ritmo e noção de tempo. Algumas dessas qualidades são necessárias para se tornar um grande especialista em qualquer coisa, especialmente a determinação, a autoconfiança e a paciência.

Também sabemos que, em média, pessoas bem-sucedidas tiveram de amargar maior número de fracassos que as pessoas malsucedidas, o que pode parecer ilógico. Como se explica que pessoas bem-sucedidas tenham fracassado com maior frequência que as outras? O fracasso é inevitável e às vezes acontece de maneira aleatória; o que importa é o que fazemos com ele. Pessoas bem-sucedidas têm uma tendência para persistir, elas não desistem. Do presidente da FedEx ao romancista Jerzy Kosinsky, de van Gogh a Bill Clinton e Fleetwood Mac, as pessoas de sucesso tiveram muitos e muitos fracassos, mas aprendem com eles e seguem em frente. Essa qualidade pode ser em certa medida inata, mas os fatores ambientais também devem desempenhar um papel sobre ela.

A melhor hipótese até agora levantada pelos cientistas quanto ao papel dos genes e do ambiente nos comportamentos cognitivos mais complexos é a da responsabilidade dividida meio a meio. Os genes podem trans-

mitir uma propensão a ser paciente, a ter boa coordenação entre olhos e mãos ou a ser uma pessoa apaixonada, mas certos acontecimentos da vida — no sentido mais amplo, referindo-se não apenas a nossas experiências e lembranças conscientes, mas à comida que ingerimos e aos elementos nos quais estivemos expostos em nosso período uterino — podem influenciar na concretização ou não de determinada propensão genética. Os traumas sofridos nos primeiros anos de vida, como a perda de um dos pais ou abusos físicos ou emocionais, são apenas exemplos óbvios de influências ambientais capazes de fazer com que uma predisposição genética seja reforçada ou suprimida. Em virtude dessa interação, as previsões que podemos fazer sobre o comportamento humano se restringem ao nível de uma população, e não do indivíduo. Em outras palavras, se você souber que alguém tem uma predisposição genética para o comportamento criminoso, não será capaz de fazer previsões sobre, por exemplo, se ele estará na cadeia dentro de cinco anos. Por outro lado, sabendo que cem pessoas têm tal predisposição, podemos prever que uma certa porcentagem delas acabará na cadeia; mas não sabemos quais. E algumas delas nunca terão qualquer problema decorrente desse tipo de comportamento.

O mesmo se aplica aos genes musicais que venhamos a identificar. Tudo o que podemos dizer é que um grupo de pessoas com esses genes tem maior probabilidade de ter músicos altamente qualificados, mas não temos como saber quais indivíduos virão a sê-lo. Esse raciocínio presume, todavia, que conseguiremos identificar os correspondentes genéticos da qualificação musical e que cheguemos a um consenso quanto ao que constitui essa qualificação, que não pode ser apenas uma questão estritamente técnica. Os hábitos de escuta, o prazer e a memória musicais e o nível de envolvimento de uma pessoa com a música também constituem aspectos de uma mente e de uma personalidade que possam ser consideradas musicais. Para identificar e definir a musicalidade, precisamos de uma abordagem o mais abrangente possível, para não excluir aqueles que, apesar de músicos no sentido amplo, talvez não o sejam em um panorama técnico mais estrito, como acontece com muitas das maiores mentes musicais. Irving Berlin, um dos compositores de maior sucesso do século XX, era um péssimo instrumentista e mal conseguia tocar o piano.

Mesmo na elite dos músicos clássicos, ser músico é mais do que ter excelente técnica. Arthur Rubinstein e Vladimir Horowitz são considerados dois dos maiores pianistas do século XX, mas cometiam erros — pequenos erros técnicos — com surpreendente frequência. Uma nota errada, apressada, ou dedilhada incorretamente. Apesar disso, eis o que escreveu um crítico: "Rubinstein comete erros em alguns de seus discos, mas prefiro essas interpretações apaixonadas às de um prodígio técnico de 22 anos capaz de tocar perfeitamente as notas, mas não de transmitir o seu significado."

O que a maioria de nós busca na música é uma experiência emocional. Não estamos analisando o desempenho para identificar notas erradas e, desde que não atrapalhem o nosso devaneio, nem as notamos. Boa parte das pesquisas sobre qualificação musical volta-se na direção errada, interessando-se antes pela facilidade digital que pela expressividade emocional. Recentemente, fiz uma pergunta sobre esse paradoxo à reitora de uma das principais escolas de música da América do Norte: em que momento dos cursos a emoção e a expressividade são ensinadas? Ela respondeu que não são ensinadas. "Temos de abarcar tantas coisas no currículo aprovado", explicou, "repertório, treinamento para tocar individualmente e em conjunto, leitura à primeira vista, teoria musical, que não sobra tempo para ensinar expressividade." Então, como se formam músicos expressivos? "Alguns já chegam sabendo como emocionar o ouvinte. Geralmente, aprenderam sozinhos com a própria experiência." A surpresa e a decepção na minha expressão facial devem ter ficado patentes. "Eventualmente", acrescentou ela, quase sussurrando, "quando aparece um aluno excepcional, encontramos tempo na última parte do último semestre para orientá-lo na questão da emoção. (...) Geralmente, são pessoas que já estão se apresentando como solistas de nossa orquestra, e ajudamos a obter mais expressividade em suas apresentações." Assim, numa das melhores escolas de música, a verdadeira razão de ser da música só é ensinada a poucos privilegiados e, ainda assim, apenas nas últimas semanas de um currículo de quatro ou cinco anos.

Mesmo quando somos muito rigorosos e analíticos, desejamos ser comovidos por Shakespeare ou Bach. Podemos nos maravilhar com a

habilidade e o domínio da arte demonstrados por esses gênios, sua facilidade com a língua ou as notas, mas em última análise esse dom deve ser posto a serviço de um tipo diferente de comunicação. Os fãs de jazz, por exemplo, mostram-se particularmente exigentes com seus heróis da era posterior à das big bands, começando pela época de Miles Davis/John Coltrane/Bill Evans. Quando ouvimos músicos de jazz menos hábeis, que parecem distantes de qualquer expressão pessoal e da própria emoção, dizemos que estão apenas na "enganação automática", tentando agradar ao público com favores musicais e não com a alma.

Cabe então perguntar, do ponto de vista científico, por que determinados músicos são melhores que outros quando se trata da dimensão emocional (e não técnica) da música. Este é o grande mistério, cuja resposta ninguém sabe ao certo. Ainda não foi possível acompanhar, através de um escaneador cerebral, músicos tocando com emoção, em virtude das dificuldades técnicas envolvidas. (Para a utilização dos tomógrafos atualmente conhecidos, é necessário que o paciente mantenha-se absolutamente imóvel, para não borrar a imagem cerebral; mas tal situação pode mudar nos próximos cinco anos.) Os depoimentos, em entrevistas e diários, de músicos tão diversos quanto Beethoven e Tchaikovsky, Rubinstein e Bernstein, B. B. King e Stevie Wonder parecem indicar que a comunicação de emoções envolve em parte fatores técnicos e mecânicos, e em parte algo que não pode deixar de ser considerado misterioso.

O pianista Alfred Brendel afirma que não pensa nas notas quando está no palco; pensa em criar uma experiência. Stevie Wonder disse-me em 1996 que, quando se apresenta, tenta entrar no mesmo estado mental e "afetivo" em que se encontrava ao compor a canção; procura capturar os mesmos sentimentos e a mesma emoção, o que o ajuda na performance. O que isso significa para ele em termos de forma de cantar ou tocar, não se sabe. De uma perspectiva neurocientífica, contudo, faz todo sentido. Como vimos, em música, o ato de se lembrar envolve o restabelecimento do estado original dos neurônios inicialmente ativados na percepção de uma peça musical, reativando seu padrão específico de conectividade e conseguindo que os índices de disparo fiquem tão próximos quanto possível dos níveis originais, o que significa recrutar

neurônios no hipocampo, na amígdala e nos lobos temporais, numa sinfonia neural orquestrada pela atenção e pelos centros de planejamento do lobo frontal.

Em 1934, o neuroanatomista Andrew Arthur Abbie especulou a existência de um elo entre o movimento, o cérebro e a música que só agora está sendo comprovado. Ele escreveu que as trilhas que saem do tronco cerebral e do cerebelo para os lobos frontais são capazes de entrelaçar todas as experiências sensórias e os movimentos musculares coordenados com precisão num "tecido homogêneo" e que, quando isso acontece, temos como resultado "os mais altos poderes humanos, tal como se expressam (...) na arte". Ele considerava que essa trilha neural estava voltada para os movimentos motores que incorporam ou refletem um objetivo criativo. Novos estudos realizados por Marcelo Wanderley, da Universidade McGill, e meu ex-aluno de doutorado Bradley Vines (atualmente em Harvard) demonstraram que ouvintes sem formação musical são extraordinariamente sensíveis aos gestos físicos feitos pelos músicos. Observando uma performance musical sem o som e prestando atenção a detalhes como os movimentos de braços, ombros e torso do músico, os ouvintes comuns são capazes de detectar grande parte das intenções expressivas do músico. Quando a isso se soma o som, manifesta-se uma outra qualidade: uma compreensão das intenções expressivas do músico que vai além do que podia ser percebido apenas no som ou na imagem visual.

Se a música serve para transmitir sentimentos por meio da interação entre gestos físicos e sons, o músico precisa que seu estado cerebral esteja de acordo com o estado emocional a que tenta dar expressão. Embora ainda não tenham sido feitos estudos nesse sentido, sou capaz de apostar que as assinaturas neurais são muito semelhantes quando B. B. toca e quando sente o blues.* (Naturalmente, também haverá diferenças, e em certa medida a dificuldade, do ponto de vista científico, será separar os processos envolvidos na emissão de comandos motores e na audição de

*Duplo sentido: além de B. B. King sentindo a música de blues que ouve ou produz, blues também designa tristeza e desânimo. Ver a observação entre parênteses a seguir. (*N.T.*)

música em comparação com simplesmente ficar sentado numa cadeira, com a cabeça entre as mãos, sentindo desânimo.) Na qualidade de ouvintes, temos todos os motivos para acreditar que alguns de nossos estados cerebrais combinarão com os dos músicos que ouvimos. Num tema recorrente da questão da música no cérebro, até mesmo as pessoas sem qualquer treinamento formal têm um cérebro musical e são ouvintes qualificados.

Para entender os fundamentos neurocomportamentais da qualificação musical e os motivos pelos quais certas pessoas se tornam melhores músicos que outras, devemos levar em conta que ela assume muitas formas, às vezes técnicas (envolvendo a destreza) e às vezes emocional. A capacidade de atrair nossa atenção para uma performance de tal maneira que esqueçamos tudo o mais também é especial. Muitos artistas têm um magnetismo pessoal, têm carisma, independentemente de quaisquer outras habilidades que apresentem ou não. Quando Sting canta, não conseguimos deixar de ouvir. Quando Miles Davis toca seu trompete, ou Eric Clapton, sua guitarra, uma força invisível parece nos atrair. Isso não tem muito a ver com as notas que eles estão cantando ou executando: elas poderiam ser tocadas ou cantadas por muitos bons músicos, talvez até com maior destreza. Trata-se, isso sim, do que os executivos de gravadoras chamam de "carisma de estrela". Quando dizemos que uma modelo é fotogênica, estamos falando da maneira como esse tipo de radiação típica de uma estrela se manifesta nas fotografias. O mesmo se aplica aos músicos e à maneira como essa radiação se traduz nos discos — algo que costumo chamar de fonogenia.

Também é importante distinguir entre celebridade e qualificação. Os fatores que contribuem para a celebridade podem ser diferentes dos que contribuem para a qualificação — e talvez até sem qualquer relação. Neil Young disse-me que não se considerava particularmente talentoso como músico, mas sim um sujeito de sorte que conseguiu fazer sucesso comercialmente. São poucos os profissionais que chegam a firmar contrato com uma grande gravadora, e menos ainda os que sustentam suas carreiras por décadas, como foi o caso de Neil. Assim como Stevie Wonder e Eric Clapton, no entanto, Neil atribui boa parte de seu sucesso não à habili-

dade musical, mas às oportunidades. Paul Simon concorda. "Tive a sorte de trabalhar com alguns dos músicos mais incríveis do mundo", diz ele, "na maioria dos casos, pessoas de quem ninguém nunca ouviu falar".

Francis Crick transformou a falta de treinamento num aspecto positivo do trabalho de sua vida. Isento de quaisquer dogmas científicos, sentia-se livre — completamente livre, escreveu — para abrir sua mente e descobrir a ciência. Quando um artista chega à música com essa liberdade, a partir dessa *tábula rasa*, o resultado pode ser impressionante. Muitos dos maiores músicos de nossa época careciam de treinamento formal, entre eles Sinatra, Louis Armstrong, John Coltrane, Eric Clapton, Eddie Van Halen, Stevie Wonder e Joni Mitchell. Na música clássica, George Gershwin, Mussorgsky e David Helfgott estão entre os que não tiveram uma educação formal, e Beethoven considerava sua formação deficiente, conforme podemos ler em seu diário.

Joni Mitchell tinha cantado no coro da escola pública, mas nunca tivera aulas de guitarra ou de música. Sua produção tem características próprias, já tendo sido qualificada como de vanguarda, etérea e uma mistura de música clássica, folk, jazz e rock. Joni usa diferentes padrões de afinação; ou seja, afina as diferentes cordas por alturas de sua própria escolha. Isso não quer dizer que toque notas que outras pessoas não tocam — continua havendo apenas 12 notas numa escala cromática —, mas efetivamente significa que ela tem facilidade para alcançar com seus dedos combinações que não estão ao alcance de outros guitarristas (independentemente do tamanho da mão).

Uma diferença ainda mais importante diz respeito à maneira como o som é extraído da guitarra. Cada uma das seis cordas da guitarra é afinada em uma altura específica. Quando o guitarrista deseja obter um som diferente, pressiona uma ou mais cordas contra o braço do instrumento, o que encurta a corda, fazendo-a vibrar com mais rapidez, produzindo uma nota de altura mais elevada. Uma corda pressionada ("tasteada") tem um som diferente, que decorre do leve amortecimento imposto pelo dedo; as cordas não tasteadas, ou "abertas", produzem uma sonoridade mais clara e ressonante, e continuam soando por mais tempo que as

outras. Quando duas ou mais dessas notas abertas soam juntas, obtém-se um timbre único. Com suas mudanças de afinação, Joni alterou a configuração das notas tocadas numa corda aberta, de tal maneira que ouvimos notas que não costumam ser obtidas na guitarra, e em combinações às quais não estamos acostumados. É o que podemos constatar em suas canções "Chelsea Morning" e "Refuge of the Roads", por exemplo.

Mas há ainda outra questão: muitos guitarristas usam afinação própria, como David Crosby, Ry Cooder, Leo Kottke e Jimmy Page. Certa noite, jantando com Joni em Los Angeles, ela me falou de alguns baixistas com os quais havia trabalhado. E eles eram alguns dos melhores da nossa geração: Jaco Pastorius, Max Bennett, Larry Klein; ela também compôs um álbum inteiro com Charles Mingus. Joni é capaz de falar apaixonadamente, durante horas, sobre afinações alternativas, comparando-as às diferentes cores usadas por van Gogh em suas pinturas.

Enquanto esperávamos o prato principal, Joni seguia em uma história envolvendo Jaco Pastorius, que estava sempre discutindo com ela, desafiando-a e criando toda sorte de confusão nos bastidores. A título de exemplo, quando a Roland Company mandou entregar a Joni o primeiro amplificador Roland Jazz Chorus, para ser usado numa apresentação, Jaco o apanhou e o levou para o lugar que ocupava no palco. "É meu", grunhiu. Quando Joni se aproximou, ele simplesmente olhou para ela furioso. E pronto.

Já eram mais de vinte minutos de histórias sobre baixistas. Como eu era um grande fã de Jaco quando ele tocava com o Weather Report, interrompi e perguntei como era tocar com ele, do ponto de vista estritamente musical. Joni respondeu que ele era diferente de qualquer outro baixista que conhecera; que era o único até então realmente capaz de entender o que ela queria. Era por isso que ela tolerava seu comportamento agressivo.

"Quando comecei", explicou ela, "a gravadora queria designar um produtor para me acompanhar, um profissional experiente na produção de discos. Mas [David] Crosby disse: 'Não permita. Um produtor vai estragar tudo. Vamos dizer que eu produzirei os seus discos; eles confiam em mim.' De modo que Crosby entrou como produtor para que a

gravadora não atrapalhasse e eu pudesse fazer música do jeito que queria. Mas os músicos foram chegando, e todos eles tinham ideias sobre a melhor maneira de tocar. No *meu* disco! Os piores eram os baixistas, que estavam sempre querendo saber qual era a tônica do acorde."

A "tônica" de um acorde, na teoria musical, é a nota que lhe dá nome e na qual ele se baseia. Um acorde em "dó maior" tem a nota dó como tônica ou som fundamental, por exemplo, e um acorde de "mi bemol menor" tem a nota mi bemol como tônica. Simples assim. Mas os acordes tocados por Joni, em consequência de seu estilo único, não são acordes típicos: ela junta as notas de tal maneira que eles não podem ser facilmente etiquetados. "Os baixistas queriam saber qual era a tônica porque tinham aprendido a tocar assim. Mas eu dizia: 'Basta tocar algo que soe bem, não se preocupem com a tônica.' E eles respondiam: 'Não pode ser assim: temos de tocar a tônica; caso contrário, não soará bem.'"

Como Joni não estudara teoria musical nem sabia ler música, não tinha como informar-lhes qual era a tônica, e precisar dizer quais notas estava tocando na guitarra, uma a uma, para que fossem descobrindo por si mesmos, laboriosamente, cada um dos acordes. Mas é aqui que a psicoacústica e a teoria musical colidem numa explosiva conflagração: os acordes habitualmente usados pela maioria dos compositores — dó maior, mi bemol menor e assim por diante — são inequívocos. Nenhum músico competente precisaria perguntar qual a tônica de um acorde como esses; é óbvio, havendo apenas uma possibilidade. A genialidade de Joni está em criar acordes ambíguos, que poderiam ter duas ou mais tônicas. Quando não há um baixo sendo tocado junto com sua guitarra (como em "Chelsea Morning" e "Sweet Bird"), o ouvinte fica entregue a um estado de possibilidades estéticas expansivas. Como cada acorde pode ser interpretado de duas ou mais maneiras, qualquer previsão ou expectativa do ouvinte em relação ao que virá em seguida tem menor grau de certeza que no caso dos acordes tradicionais. E quando Joni toca ao mesmo tempo vários acordes ambíguos, aumenta muito a complexidade harmônica; cada sequência de acordes pode ser interpretada de dezenas de maneiras diferentes, dependendo do modo como cada um de seus componentes é ouvido. Como retemos na memória imediata o que aca-

bamos de ouvir, integrando-o com o fluxo de novos elementos musicais que vão chegando aos ouvidos e ao cérebro, os ouvintes atentos da música de Joni — mesmo não sendo músicos — podem inscrever e voltar a inscrever na mente uma infinidade de interpretações musicais à medida que a peça se vai desenrolando; e cada nova audição gera uma nova série de contextos, expectativas e interpretações. Nesse sentido, sua música é a mais próxima que conheço da pintura impressionista.

Basta que um baixista toque uma nota para que seja fixada determinada interpretação musical, o que arruína a sutil ambiguidade tão engenhosamente construída pelo compositor. Todos os baixistas com que Joni trabalhara antes de Jaco insistiam em tocar aquilo que acreditavam ser o som fundamental. O incrível em Jaco, dizia Joni, era saber instintivamente circular pelo espaço de possibilidades, reforçando as diferentes interpretações dos acordes com igual ênfase e sustentando a ambiguidade de forma sublime, num delicado equilíbrio suspenso. Jaco permitia que Joni tivesse guitarras baixo em suas canções sem prejudicar uma de suas qualidades mais expansivas. Era então esse, conforme pudemos constatar naquele jantar, um dos segredos da sonoridade absolutamente original da música de Joni: essa complexidade resultante da exigência de que a música não seja amarrada a uma única interpretação harmônica. Acrescente-se sua voz atraente e fonogênica, e mergulhamos num mundo auditivo, numa paisagem sonora sem igual.

A memória musical é outro aspecto da qualificação. Muitos de nós conhecemos alguém capaz de se lembrar de toda sorte de detalhes que costumamos esquecer, como um amigo que se lembra de todas as piadas que ouviu na vida. Meu colega Richard Parncutt, conhecido musicólogo e professor de cognição musical na Universidade de Graz, em Viena, tocava piano num bar para sustentar seus estudos de pós-graduação. Sempre que vem a Montreal visitar-me, ele se senta ao piano na sala para me acompanhar nas mais variadas canções. Ficamos assim por um bom tempo: qualquer canção que eu mencione, ele é capaz de tocar de memória. Também conhece as diferentes versões: se eu peço que toque "Anything Goes", ele pergunta se eu quero a versão de Sinatra, Ella

Fitzgerald ou Count Basie! E o fato é que eu provavelmente toco ou canto uma centena de canções de memória. Isso é muito comum em pessoas que tenham tocado em bandas ou orquestras e se tenham apresentado em público. Mas Richard aparentemente conhece milhares e milhares de canções, música e letra. Como é possível? Será que simples mortais como eu também podem aprender a fazer o mesmo?

Quando frequentava o Berklee College of Music, em Boston, conheci uma pessoa com um tipo de memória musical igualmente notável, mas diferente da de Richard. Carla era capaz de reconhecer uma peça musical em questão de apenas três ou quatro segundos e dizer seu nome. Não sei se ela era particularmente dotada quando se tratava de cantar de memória, pois estávamos sempre preocupados em sacar uma melodia para tentar deixá-la embaraçada, o que não era fácil. Carla acabou se empregando na Sociedade Americana de Compositores e Editores (ASCAP, na sigla inglesa), organização de direitos autorais que fiscaliza a programação das estações de rádio para recolher os royalties de seus membros. Os funcionários da ASCAP ficam o dia inteiro num escritório em Manhattan ouvindo trechos de programas de rádio de todo o país. Para desempenhar suas funções com eficiência e mesmo para serem simplesmente contratados, devem ser capazes de identificar uma canção e o intérprete em apenas três a cinco segundos, para em seguida fazer a anotação e passar para a seguinte.

Mencionei anteriormente Kenny, o menino com síndrome de Williams que toca clarineta. Certa vez, tocando "The Entertainer" (canção tema do filme *Um golpe de mestre*), de Scott Joplin, ele sentiu dificuldade numa certa passagem. "Posso tentar de novo?", perguntou-me, com uma vontade de agradar que é típica da síndrome de Williams. "Claro", respondi. Mas em vez de voltar atrás algumas notas ou apenas alguns segundos na peça, ele retomou o início! Eu já vira a mesma coisa acontecer em estúdios de gravação com grandes músicos como Carlos Santana e The Clash: uma certa tendência a voltar atrás, se não ao início da peça, pelo menos ao da frase. É como se o músico estivesse executando uma sequência memorizada de movimentos musculares, e a sequência tivesse de recomeçar do início.

O que essas três demonstrações da memória musical têm em comum? O que se passa no cérebro de uma pessoa com uma memória musical fantástica, como Richard e Carla, ou com a "memória digital" de Kenny? O que poderia haver nessas operações de diferente ou semelhante em relação aos processos neurais de uma pessoa dotada apenas de memória musical normal? Em qualquer terreno, o alto nível de especialização caracteriza-se por uma memória superior, mas apenas em relação ao que está na esfera dessa qualificação. Meu amigo Richard não tem uma memória superior para tudo: continua perdendo as chaves, como qualquer um de nós. Os grandes mestres do xadrez memorizam milhares de configurações do jogo. Entretanto, o caráter excepcional de sua memória no xadrez se estende apenas às posições permitidas no jogo. Convidados a memorizar disposições aleatórias das peças no tabuleiro, eles não se saem melhor que qualquer novato; em outras palavras, seu conhecimento das posições das peças no xadrez é esquematizado, escorando-se no conhecimento das jogadas permitidas e das posições que as peças podem ocupar. Da mesma forma, os especialistas em música contam com seu conhecimento: os bons músicos mostram grande capacidade de lembrar-se de sequências de acordes "permitidas" ou que fazem sentido nos sistemas harmônicos por eles conhecidos, mas não se saem melhor que qualquer pessoa sem formação musical no aprendizado de sequências aleatórias de acordes.

Assim, quando os músicos memorizam canções, sua memória se vale de uma estrutura, na qual os detalhes se encaixam. É uma forma eficiente e econômica de funcionamento do cérebro. Em vez de memorizar cada acorde ou nota, montamos um arcabouço no qual muitas canções podem encaixar-se, um gabarito mental capaz de acomodar grande número de peças musicais. Aprendendo a tocar a Sonata "Patética" de Beethoven, o pianista pode aprender os oito primeiros compassos, limitando-se a ter em mente, nos oito seguintes, que o mesmo tema é repetido uma oitava acima. Qualquer músico de rock é capaz de tocar "One After 909", dos Beatles, desde que seja informado de que se trata de uma "progressão padrão de blues em 16 compassos". No arcabouço dessa frase podem caber milhares de canções. "One After 909" tem certas nuances que

representam variações do arcabouço. A questão é que, uma vez atingido certo nível de experiência, conhecimento e proficiência, os músicos geralmente não aprendem novas peças nota a nota. Podem tomar como ponto de partida aquelas que já conhecem, limitando-se a observar as variações em relação ao esquema habitual.

No ato de executar uma peça musical, portanto, a memória envolve um processo muito semelhante ao da audição musical, como vimos no capítulo 4, por meio do estabelecimento de esquemas padronizados e expectativas. Além disso, os músicos se valem do recurso do agrupamento, uma forma de organização da informação semelhante à utilizada por jogadores de xadrez, atletas e outros especialistas. *Agrupamento* é o processo de juntar unidades de informação em grupos para lembrar-se deles como um todo em vez das partes individuais. Fazemos isso a todo momento sem que tenhamos consciência; por exemplo, quando temos de nos lembrar do telefone de alguém para uma discagem de longa distância. Se precisar se lembrar do telefone de alguém em Nova York e estiver bastante familiarizado com outros telefones da cidade, não terá de se lembrar do código de área na forma de três algarismos individuais, lembrando-se, isso sim, de uma única unidade: 212. Da mesma forma, deve saber que o código de Los Angeles é 213, o de Atlanta, 404, ou que o código da Inglaterra é 44. A importância do agrupamento está no fato de que existem limites para a quantidade de informação que o cérebro é capaz de rastrear. Não temos conhecimento da existência de limites práticos para a memória de longo prazo, mas a memória de trabalho — constituída pelos conteúdos da nossa consciência presente — é severamente limitada, geralmente a nove informações. O fato de codificarmos um número de telefone da América do Norte na forma de código de área (uma unidade de informação) acrescido de sete algarismos nos ajuda a superar essa limitação. Os jogadores de xadrez também recorrem ao agrupamento, lembrando-se de configurações do tabuleiro em termos de grupos de peças dispostas em padrões de fácil designação.

Os músicos também usam o agrupamento de várias maneiras. Primeiro, tendem a codificar na memória um acorde inteiro em vez das notas individuais; lembram-se de "sétima de dó maior" em vez dos solos indi-

viduais de dó-mi-sol-si, e rememoram a regra de construção dos acordes, de maneira que possam criar tons a qualquer momento com base em uma única ativação mnemônica. Em segundo lugar, tendem a codificar os acordes em sequência, em vez de isoladamente. "Cadência plagal", "cadência eólia" ou "mudanças de ritmo" são designações empregadas pelos músicos para facilitar a identificação de sequências de diferentes durações. Tendo as informações sobre o que significam essas designações, são capazes de rememorar grandes agrupamentos de informações com uma única ativação mnemônica. Em terceiro lugar, desenvolvemos, como ouvintes, o conhecimento das normas estilísticas, e, como músicos, o conhecimento sobre a produção dessas normas. Os músicos sabem como lançar mão de uma canção e aplicar esse conhecimento — mais uma vez, uma série de esquemas — para formatá-la como salsa, grunge, disco ou heavy metal; cada gênero e época tem tiques estilísticos e elementos rítmicos, tímbricos ou harmônicos que os caracterizam. Podemos codificá-los na memória de forma holística, para em dado momento recuperar todas as características de uma só vez.

Essas três formas de agrupamento são o que Richard Parncutt utiliza ao sentar-se ao piano e tocar milhares de canções. Ele tem também suficiente conhecimento da teoria musical e familiaridade com diferentes estilos e gêneros para improvisar durante uma passagem que não domine realmente, da mesma forma como um ator pode dizer palavras que não estão no *script* se momentaneamente esquecer o texto. Quando não está muito seguro de uma nota ou de um acorde, Richard o substitui por um outro que seja estilisticamente plausível.

A memória de identificação — a capacidade que temos, na maioria dos casos, de identificar peças musicais que ouvimos antes — é semelhante à memória de rostos, fotografias e até de sabores e cheiros, e existe um certo grau de variação individual, mostrando-se certas pessoas simplesmente mais dotadas que outras; também se aplica conforme os domínios, mostrando-se certas pessoas — como minha colega Carla — particularmente boas no terreno da música. Ser capaz de recuperar rapidamente uma peça musical é uma coisa, mas conseguir aplicar-lhe rapidamente e sem esforço uma etiqueta, como o título da canção, o ar-

tista e o ano da gravação (algo de que Carla era capaz) envolve uma outra rede cortical, que hoje em dia acreditamos estar relacionada ao *planum temporale* (uma estrutura associada ao ouvido absoluto), assim como regiões do córtex pré-frontal inferior necessárias para a aplicação de identificações verbais a impressões sensoriais. Ainda não sabemos por que certas pessoas se mostram mais bem-dotadas nesse sentido do que outras, o que pode ser consequência de uma predisposição inata ou constituinte da maneira como o cérebro foi formado, o que, por sua vez, pode ter origem genética.

Ao aprender sequências de notas numa nova peça musical, os profissionais às vezes precisam recorrer à força bruta que usávamos na infância para aprender novas sequências de sons, como o alfabeto, o Hino Nacional ou o Pai-Nosso: simplesmente fazemos tudo o que podemos para memorizar a informação, repetindo-a infinitamente. Essa memorização maquinal, porém, é muito facilitada por uma organização hierárquica do material. Num texto ou peça musical, como vimos no capítulo 4, certas palavras ou notas são mais importantes do que outras do ponto de vista estrutural, e é em torno delas que organizamos nosso aprendizado. Esse bom e velho tipo de memorização é usado pelos músicos quando aprendem os movimentos musculares necessários para tocar determinada peça; é esta, em certa medida, a explicação para o fato de músicos como Kenny não serem capazes de começar a tocar em qualquer nota, tendendo a buscar o início de unidades significativas, de aglomerados hierarquicamente organizados.

Assim, há muitas formas de ser um especialista em música: destreza ao tocar um instrumento, comunicação emocional, criatividade, e estruturas mentais específicas para a memorização da música. Especializar-se na audição, o que a maioria de nós já faz aos 6 anos de idade, requer que tenhamos incorporado a gramática de nossa cultura musical em esquemas mentais que nos permitam formar expectativas musicais, constituintes do cerne da experiência estética em música. A maneira como as diferentes formas de experiência são adquiridas ainda constitui um mistério neurocientífico. Vem surgindo o consenso, no entanto, de que a espe-

cialização musical não é algo único, envolvendo muitos componentes, e de que nem todos os especialistas serão igualmente dotados nos diferentes componentes — alguns, como Irving Berlin, podem carecer de algo que a maioria de nós consideraria um aspecto fundamental da musicalidade: ser capaz de tocar bem um instrumento. Em função do que hoje sabemos, parece improvável que a especialização musical seja completamente diferente daquela em outros terrenos. Embora a música certamente utilize estruturas cerebrais e circuitos neurais que não são mobilizados em outras atividades, o processo de especialização em música — seja de um compositor, um instrumentista ou um regente — requer a interferência de muitos dos traços de personalidade mobilizados em outros domínios, especialmente a diligência, a paciência, a motivação e a boa e velha perseverança.

Tornar-se um músico famoso é algo completamente diferente e pode não ter muito a ver com fatores intrínsecos ou com capacidade, mas sim com carisma, oportunidade e sorte. Mas é importante frisar um ponto essencial: todos nós somos especialistas na audição musical, capazes de estabelecer diferenciações muito sutis entre o que gostamos e não gostamos, ainda que não possamos articular os motivos. A ciência efetivamente tem o que dizer sobre tais motivos, e temos aqui uma outra faceta interessante da interação entre neurônios e notas.

CAPÍTULO 8

Meus favoritos

POR QUE GOSTAMOS DE DETERMINADAS MÚSICAS?

Você desperta de um sono profundo e abre os olhos. Está escuro. A pulsação regular e distante na periferia da sua audição ainda está lá. Você esfrega os olhos com as mãos, mas ainda não distingue formas. O tempo passa, mas quanto tempo? Meia hora? Uma hora? Até que você ouve um som diferente, mas reconhecível: um som amorfo, que se move, sinuoso, de pulsação rápida. Os sons começam e param sem definição. Gradualmente surgindo e arrefecendo, entrelaçam-se sem começo nem fim claros. Esses sons, bem conhecidos, são reconfortantes, você já os ouviu. Ouvindo-os, tem a vaga sensação do que virá em seguida, e é efetivamente o que acontece, embora os sons continuem distantes e confusos, como se você estivesse ouvindo alguma coisa debaixo d'água.

Dentro do útero, banhado no fluido amniótico, o feto ouve sons. Ouve a batida cardíaca da mãe, às vezes acelerando, outras vezes diminuindo. E ouve música, como descobriu recentemente Alexandra Lamont, da Universidade de Keele, no Reino Unido. Ela constatou que, um ano depois do nascimento, as crianças reconhecem e preferem as músicas que ouviram enquanto estavam no útero. O sistema auditivo do feto já está em pleno funcionamento cerca de vinte semanas depois da concepção. Na experiência de Lamont, as mães tocavam uma única peça musical para os bebês repetidamente nos três últimos meses de gestação. Naturalmente, os bebês também estavam ouvindo — através da filtragem aquática do fluido amniótico no útero — todos os sons da vida cotidiana das mães, inclusive outras músicas, conversas e ruídos ambientais. Mas para cada

bebê foi escolhida determinada peça, e entre as quais estavam obras clássicas (Mozart, Vivaldi), Top 40 (Five, Backstreet Boys), reggae (UB40, Ken Boothe) e world beat (Spirits of Nature). Depois do nascimento, as mães não podiam voltar a tocar a música da experiência para os filhos. Até que, um ano depois, Lamont tocava para os bebês a música que haviam ouvido no útero, juntamente com outra peça musical escolhida por combinar no estilo e no andamento. Por exemplo, um bebê que tivesse ouvido "Many Rivers to Cross", do UB40, voltava ao ouvi-la um ano depois, juntamente com "Stop Loving You", do músico de reggae Freddie McGregor. Lamont podia então estabelecer qual das músicas os bebês preferiam.

De que maneira saber qual dentre dois estímulos é preferido por um bebê em estado pré-verbal? A maioria dos pesquisadores utiliza uma técnica conhecida como procedimento condicionado de captação da atenção, desenvolvido por Robert Fantz na década de 1960 e aperfeiçoado por John Columbo, Anne Fernald e o falecido Peter Jusczyk e seus colegas. Dois alto-falantes são instalados no laboratório e o bebê é colocado entre eles, geralmente no colo da mãe. Quando o bebê olha para um dos alto-falantes, ele começa a emitir uma música ou algum outro som, e quando olha para o outro alto-falante, ele emite música ou som diferentes do primeiro. O bebê logo aprende que pode controlar o que está sendo tocado em função da direção do seu olhar; ou seja, aprende que as condições da experiência estão sob seu controle. Os responsáveis pela experiência certificam-se de estar contrabalançado (tornando aleatória) a procedência dos diferentes estímulos; ou seja, em metade do tempo os estímulos estudados provêm de um dos alto-falantes e na outra metade, do outro. Procedendo assim, Lamont constatou que os bebês tendiam a olhar por mais tempo para o alto-falante que tocava as músicas que tinham ouvido no útero, confirmando tal preferência. Um grupo de bebês de um ano de idade que não havia sido exposto a qualquer música anteriormente não demonstrou preferência, confirmando que nada nas músicas propriamente ditas levava a esses resultados. Lamont também verificou que, em condições iguais, os bebês preferem música rápida e animada a música lenta.

Essas constatações vão de encontro à velha ideia da amnésia infantil — de que não podemos ter lembranças verídicas antes de aproximadamente 5 anos de idade. Muitas pessoas afirmam ter lembranças da primeira infância por volta dos 2 ou 3 anos, mas é difícil saber se são verdadeiramente lembranças de um acontecimento original ou de um relato a respeito desse acontecimento. O cérebro nessa fase ainda não se desenvolveu, a especialização funcional está incompleta e as vias neurais ainda estão sendo elaboradas. A mente da criança tenta assimilar a maior quantidade possível de informação no menor tempo possível; são comuns grandes defasagens na compreensão, na consciência ou na memória da criança em relação aos fatos, pois ela ainda não aprendeu a distinguir os fatos importantes nem a codificar a experiência de maneira sistemática. Desse modo, sua mente é um terreno fértil para a sugestão, podendo involuntariamente codificar como suas as histórias a seu respeito que lhe são contadas. Há indicações de que, no caso da música, até mesmo as experiências pré-natais ficam codificadas na memória, podendo ser acessadas na ausência de linguagem ou na consciência explícita da memória.

Anos atrás, um estudo despertou o interesse de jornais e programas de rádio ao afirmar que ouvir Mozart durante dez minutos podia tornar a pessoa mais inteligente (o "efeito Mozart"). Afirmava-se, especificamente, que o ato de ouvir música pode melhorar nosso desempenho em atividades espaciais e de raciocínio desempenhadas imediatamente depois da audição (o que, na interpretação de certos jornalistas, também implicava uma habilidade matemática). O Congresso americano começou a encaminhar projetos nesse sentido; o governador da Geórgia destinou verbas para comprar um CD de Mozart para cada bebê que nascesse no estado. Nós, cientistas, ficamos numa posição difícil. Embora acreditemos intuitivamente que a música é capaz de aprimorar outras funções cognitivas — concordando que seria desejável que o governo destinasse mais verbas à educação musical nas escolas —, o fato é que o estudo apresentava muitas falhas do ponto de vista científico. Fazia afirmações corretas, mas pelos motivos errados. Pessoalmente, fiquei um pouco ofendido

com toda aquela agitação, pois parecia que a música não devia ser estudada em si mesma e por si mesma, por suas qualidades intrínsecas, mas apenas se pudesse ajudar as pessoas a se sair melhor em outras funções "mais importantes". Basta ver como a proposta pareceria absurda se a invertêssemos. Se eu afirmasse que estudar matemática contribuía para a capacitação musical, será que os políticos começariam a destinar verbas para o ensino da matemática? A música muitas vezes é a gata borralheira do ensino público, a primeira disciplina a ser cortada quando surgem problemas de verbas, e frequentemente tenta-se justificar sua importância em termos de benefícios colaterais em vez de se permitir que ela exista simplesmente por suas qualidades.

Revelou-se afinal que o problema com o estudo "a música torna você mais inteligente" era perfeitamente claro: os controles experimentais eram inadequados, e a minúscula diferença entre os dois grupos em matéria de habilidade espacial, segundo pesquisa efetuada por Bill Thompson, Glenn Schellenberg e outros, decorria da escolha da atividade de controle. Em comparação com ficar sentado numa sala sem fazer nada, o ato de ouvir música se saía muito bem. Mas quando os voluntários encarregados da atividade de controle recebiam o mais leve estímulo mental — ouvir a leitura gravada de um livro, ler etc. —, a audição de música não apresentava qualquer vantagem. Outro problema apresentado pelo estudo era o fato de não ser proposto um mecanismo plausível para que funcionasse: como poderia a audição musical melhorar o desempenho espacial?

Glenn Schellenberg frisou a importância da distinção entre os efeitos de curto e longo prazo na música. O efeito Mozart referia-se a vantagens imediatas, mas uma outra pesquisa *efetivamente* revelou efeitos de longo prazo da atividade musical. O ato de ouvir música aprimora ou altera certos circuitos neurais, inclusive a densidade das conexões dendriformes no córtex auditivo primário. Na Universidade de Harvard, o neurocientista Gottfried Schlaug mostrou que a parte frontal do corpo caloso — a massa de fibras que liga os dois hemisférios cerebrais — é significativamente maior nos músicos, em particular naqueles que começaram cedo sua formação, o que reforça a ideia de que as operações

musicais tornam-se bilaterais com a intensificação do treinamento, à medida que os músicos passam a coordenar e recrutar estruturas neurais nos dois hemisférios cerebrais, o esquerdo e o direito.

Vários estudos constataram alterações microestruturais no cerebelo depois da aquisição de capacitações motoras como as que são adquiridas pelos músicos, inclusive maior número e densidade das sinapses. Schlaug descobriu uma tendência dos músicos de terem cerebelos de maior tamanho e com maior concentração de matéria cinzenta — a parte do cérebro que contém os corpos celulares, axônios e dendritos, sendo considerada responsável pelo processamento da informação; a matéria branca, ao contrário, é responsável pela transmissão da informação.

Ainda não se comprovou se tais mudanças estruturais no cérebro se traduzem numa capacitação aprimorada em terrenos não musicais, mas foi demonstrado que a audição de música e a musicoterapia ajudam a superar toda uma série de problemas psicológicos e físicos. Voltemos, contudo, a uma linha de investigação mais proveitosa no que diz respeito ao gosto musical... Os resultados obtidos por Lamont são importantes porque mostram que o cérebro pré-natal e do recém-nascido é capaz de armazenar lembranças e recuperá-las em longas extensões de tempo. Em termos mais práticos, os resultados indicam que o ambiente — mesmo através da mediação do fluido amniótico e do útero — pode afetar o desenvolvimento e as preferências de uma criança. Sendo as sementes da preferência musical plantadas no útero, deve haver algo mais que ainda não conhecemos; caso contrário as crianças simplesmente gravitariam para a música preferida pelas mães ou que é tocada nas aulas Lamaze. O que podemos afirmar é que as preferências musicais são influenciadas, mas não determinadas, pelo que ouvimos no útero. Há também um longo período de aculturação, durante o qual a criança absorve a música da cultura em que nasceu. Alguns anos atrás, circularam informações de que, antes de se acostumar à música de alguma cultura estrangeira (para nós), todos os bebês preferiam a música ocidental, independentemente de sua cultura ou raça. Essas descobertas não foram corroboradas, mas efetivamente se constatou que os bebês demonstram preferência pela consonância em detrimento da dissonância. A apreciação desta é algo que surge

mais tarde, constatando-se diferenças entre as pessoas no grau de dissonância tolerado.

Provavelmente existe uma explicação neural para isso. Os intervalos consonantes e dissonantes são processados por mecanismos separados no córtex auditivo. Resultados recentes de um estudo das reações eletrofisiológicas de seres humanos e macacos à dissonância sensória (ou seja, acordes que soam dissonantes em virtude de seus coeficientes de frequência, e não pelo contexto harmônico ou musical) mostram que os neurônios do córtex auditivo primário — o primeiro nível de processamento cortical do som — sincronizam seus disparos durante os acordes dissonantes, mas não durante os consonantes. Ainda não ficou claro por que isso poderia gerar uma preferência pela consonância.

Efetivamente conhecemos um pouco sobre o mundo auditivo do bebê. Embora seus ouvidos estejam em funcionamento quatro meses antes do nascimento, o desenvolvimento do cérebro requer meses ou anos para chegar à plena capacidade de processamento auditivo. Os bebês reconhecem as transposições de altura e tempo (mudanças de andamento), o que indica que são capazes de processamento relacional, algo que até os mais avançados computadores ainda não fazem muito bem. Jenny Saffran, da Universidade de Wisconsin, e Laurel Trainor, da Universidade McMaster, reuniram provas de que os bebês também podem dar sinais de ouvido absoluto quando necessário, o que indica uma flexibilidade cognitiva até então desconhecida: eles podem utilizar modos diversos de processamento — presumivelmente mediados por diferentes circuitos neurais — em função do que seja melhor para ajudá-los a enfrentar sua situação no momento.

Trehub, Dowling e outros mostraram que o contorno é a característica musical mais evidente nos bebês, que conseguem detectar semelhanças e diferenças de contorno melódico mesmo em períodos de trinta segundos de retenção. Cabe lembrar que o *contorno* diz respeito ao padrão das alturas em uma melodia — sua sequência de elevações e descidas —, independentemente do tamanho dos intervalos. Alguém que prestasse atenção exclusivamente ao contorno registraria apenas que a melodia faz um movimento ascendente, por exemplo, sem atentar para

o grau dessa ascensão. A sensibilidade dos bebês para o contorno musical equivale à sua sensibilidade aos contornos linguísticos — a separação entre perguntas e exclamações, por exemplo, parte integrante da prosódia. Fernald e Trehub documentaram que os pais falam com os bebês de forma diferente daquela que usam para se dirigir a crianças maiores ou adultos, e isso se aplica em diferentes culturas. Tal maneira de falar emprega um andamento mais lento, uma diversidade maior de alturas e, globalmente, uma altura mais elevada.

As mães (e em certa medida também os pais) fazem isso de maneira perfeitamente natural, sem qualquer instrução explícita nesse sentido, usando uma entonação exagerada que os pesquisadores chamam de fala infantilizada ou maternês. Acreditamos que o maternês contribui para atrair a atenção dos bebês para a voz da mãe, ajudando a distinguir palavras dentro de uma frase. Em vez de dizer "Isso é uma bola", como diríamos a um adulto, na linguagem infantil sairia algo mais ou menos assim: "Viiiiiu (com a altura do iii chegando até o fim da frase)? Viu a BOOOOOOOOLA (a entonação abarcando uma ampla gama e voltando a subir no fim da palavra *bola*)?" Nessas manifestações da fala, o contorno é um sinal de que a mãe está fazendo uma pergunta ou uma afirmação, chamando a atenção nesse sentido por meio do exagero nos contornos para cima e para baixo. Na verdade, a mãe está criando um protótipo de pergunta e de declaração, certificando-se de que os dois sejam facilmente distinguíveis. Quando recorre a uma exclamação para ralhar com o bebê, é muito provável que, com total naturalidade — mais uma vez sem qualquer treinamento explícito —, a mãe crie um terceiro tipo de manifestação verbal prototípica, breve e seca, sem grandes variações de altura: "Não!" (pausa) "Não! Feio!" (pausa) "Já disse que não!". Os bebês aparentemente trazem estruturada essa capacidade de detectar e acompanhar os contornos, de preferência a intervalos específicos de altura.

Trehub também demonstrou que os bebês são mais capazes de codificar intervalos consonantes, como a quarta e a quinta justa, do que os dissonantes, como o trítono. Constatou que os espaços desiguais de nossa escala facilitam o processamento dos intervalos mesmo na mais tenra infância. Ela e os colegas tocaram para bebês de 9 meses de idade a esca-

la maior habitual, de sete notas, e duas escalas inventadas. No caso de uma dessas escalas inventadas, a oitava foi dividida em onze passos de intervalos iguais, sendo em seguida selecionados sete tons configurando padrões de um e dois passos; na outra escala, a oitava foi dividida em sete passos iguais. Esperava-se que os bebês detectassem um tom desafinado. Os adultos saíam-se bem com a escala maior, mas se davam mal com as duas escalas artificiais, nunca antes ouvidas. Em contraste, os bebês se saíram igualmente bem em todas as escalas. Com base em trabalhos realizados anteriormente, acredita-se que os bebês de 9 meses ainda não incorporaram um esquema mental para a escala maior, o que sugere uma vantagem genérica de processamento no caso dos passos desiguais, o que é efetivamente encontrado na nossa escala maior.

Em outras palavras, parece ter ocorrido uma evolução paralela do nosso cérebro e das escalas musicais que usamos. Não é por acaso que temos essa estranha e assimétrica disposição de notas na escala maior: é mais fácil aprender melodias com essa disposição, resultante da física da produção sonora (por meio das séries harmônicas de que falamos anteriormente); os tons que usamos em nossa escala maior são muito próximos, na altura, daqueles que constituem as séries harmônicas. Muito cedo, a maioria das crianças começa a vocalizar espontaneamente, e as primeiras tentativas podem parecer-se muito com um canto. Os bebês exploram o alcance de suas vozes e a produção fonética, reagindo aos sons que captam no ambiente ao seu redor. Quanto mais música ouvirem, maior probabilidade terão de incluir as alturas e as variações rítmicas em suas vocalizações espontâneas.

Crianças pequenas começam a manifestar preferência pela música de sua cultura aos dois anos, mais ou menos na mesma época em que começam a desenvolver o processamento especializado da fala. Inicialmente, tendem a gostar de canções bastante simples, o que significa música com temas claramente definidos (diferente, por exemplo, de um contraponto a quatro vozes) e progressões harmônicas que se resolvem de formas diretas e facilmente previsíveis. À medida que amadurecem, começam a se cansar dessas músicas, buscando manifestações mais complexas. Segundo Mike Posner, os lobos frontais e o cingulado anterior — uma es-

trutura logo atrás dos lobos frontais e que direciona a atenção — não estão plenamente formados na infância, o que gera a incapacidade de prestar atenção a várias coisas ao mesmo tempo; as crianças evidenciam dificuldade de reagir a um estímulo na presença de variáveis de distração, o que explica por que crianças com menos de oito anos aproximadamente encontram tanta dificuldade para cantar cantigas como "Row, Row, Row Your Boat". O seu sistema de atenção — especificamente, a rede que liga o giro cingulado (a estrutura maior em que se encontra o cingulado anterior) e as regiões orbifrontais do cérebro — não é capaz de filtrar adequadamente os estímulos indesejáveis ou perturbadores. As crianças que ainda não alcançaram um estágio de desenvolvimento onde sejam capazes de excluir as informações auditivas irrelevantes enfrentam um mundo de grande complexidade sonora, configurando-se o conjunto dos sons como uma verdadeira barreira sensória. Elas podem tentar acompanhar a parte da canção que seu grupo deve cantar, mas serão distraídas e atrapalhadas pelas outras partes. Posner demonstrou que certos exercícios adaptados de jogos de atenção e concentração usados pela Nasa podem ajudar a acelerar o desenvolvimento da capacidade de atenção da criança.

Naturalmente, a trajetória de desenvolvimento que configura nas crianças a passagem da preferência inicial das canções mais simples para as mais complexas constitui uma generalização; primeiramente, nem todas as crianças gostam de música, e algumas desenvolvem gosto por músicas fora do habitual, não raro por puro acaso. Fiquei fascinado pela música swing e das big bands quando tinha oito anos, quando meu avô me deu sua coleção de discos de 78 rotações da época da Segunda Guerra Mundial. Inicialmente, sentia-me atraído por canções diferentes, como "The Syncopated Clock", "Would You Like to Swing on a Star", "The Teddy Bear's Picnic" e "Bibbidy Bobbidy Boo" — canções feitas para crianças. Mas o contato com padrões de acordes e vocalizações relativamente exóticos como os das orquestras de Frank de Vol e Leroy Anderson passaram a fazer parte do meu universo mental, e logo eu estaria ouvindo todos os tipos de jazz; o jazz na infância abriu as portas neurais para tornar esse gênero geral palatável e compreensível.

Os pesquisadores consideram que os anos da adolescência são o ponto de inflexão das preferências musicais. É por volta dos dez ou onze anos que a maioria das crianças passa a ter real interesse pela música, mesmo aquelas que até então não o haviam manifestado. Na idade adulta, a música de que costumamos sentir saudades, aquela que temos como a "nossa" música, é exatamente a que ouvimos nesses anos. Um dos primeiros indícios do mal de Alzheimer (doença caracterizada por alterações nas células nervosas e nos níveis dos neurotransmissores, assim como pela destruição das sinapses) em adultos mais velhos é a perda da memória. À medida que a doença avança, a perda da memória torna-se mais profunda. E, no entanto, muitas dessas pessoas de idade ainda são capazes de cantar as canções que ouviam quando tinham 14 anos. Por que 14 anos? Em certa medida, lembramos das canções da adolescência porque este é um período de autodescoberta, e, em consequência, tais músicas tinham uma forte carga emocional; portanto, a amígdala e os neurotransmissores agiram em conjunto para "etiquetar" essas lembranças como algo importante. Mas o fenômeno também tem relação com a maturação e a seleção neurais; é por volta dos 14 anos que o desenvolvimento de nosso cérebro musical se aproxima dos níveis adultos de finalização.

Provavelmente não existe um ponto limite para a aquisição de novos gostos em música, mas na maioria das pessoas ele já foi definido aos 18 ou 20 anos. Não se sabe ao certo por que é assim, mas o fenômeno ficou positivado em vários estudos. A explicação pode estar no fato de que, com a idade, as pessoas tendem a fechar-se a novas experiências. Nos anos da adolescência, começamos a descobrir que existe todo um mundo de ideias, culturas e pessoas diferentes. Brincamos com a noção de que não precisamos limitar nossa vida, personalidade ou decisões ao que nossos pais nos ensinaram ou à maneira como fomos criados. Também passamos a buscar tipos diferentes de música. Especialmente na cultura ocidental, as escolhas musicais têm importantes consequências sociais. Ouvimos a mesma música que nossos amigos. Particularmente na juventude, quando estamos em busca de nossa identidade, criamos laços ou grupos sociais com pessoas com as quais queremos parecer ou com quem acreditamos ter algo em comum. Para exteriorizar os laços, vestimo-nos

da mesma forma, compartilhamos atividades e a música que ouvimos. Isso se coaduna com o conceito evolutivo de que a música é um veículo de vinculação e coesão sociais, tornando-se uma marca de identidade pessoal e grupal e de distinção.

Em certa medida, poderíamos dizer que as características de personalidade estão associadas ao tipo de música apreciado e permitem mesmo prevê-lo. Em grande parte, contudo, ele é determinado por fatores mais ou menos aleatórios: a escola frequentada, as companhias, a música ouvida pelo grupo. Quando eu era garoto, no norte da Califórnia, o Creedence Clearwater Revival fazia enorme sucesso, originário dali mesmo. Quando me mudei para o sul da Califórnia, a música um pouco caipira do grupo, quase no gênero caubói, não combinava com a cultura hollywoodiano-surfista tão receptiva aos Beach Boys e aos artistas mais teatrais e performáticos como David Bowie.

Por outro lado, durante a adolescência o cérebro desenvolve conexões em velocidade explosiva — o que vem a ser consideravelmente moderado depois desse período —, uma vez que nessa fase nossos circuitos neurais são estruturados a partir de nossas experiências. Esse processo se aplica à música que ouvimos; as novas formas de expressão musical são assimiladas no arcabouço da música que ouvíamos durante esse período crucial. Sabemos que existem períodos críticos na aquisição de novas capacitações, como a língua. Se uma criança não aprender seu idioma até a idade de 6 anos mais ou menos (seja um primeiro ou segundo idioma), nunca aprenderá a falar com a fluência que caracteriza a maioria dos falantes nativos de um idioma. A música e a matemática têm um período ampliado, mas não ilimitado: um estudante que não tenha tido aulas de música ou treinamento em matemática até mais ou menos os 20 anos ainda poderá apreender tais matérias, porém com grande dificuldade, e é provável que nunca venha a "exercer" a matemática ou a música como alguém que as tenha aprendido mais cedo, o que decorre do decurso biológico do crescimento sináptico. As sinapses cerebrais são programadas para crescer durante determinado número de anos, estabelecendo novas conexões. Depois desse período, vem a tendência para podar, livrar-se das conexões desnecessárias.

A neuroplasticidade é a capacidade de autorreorganização do cérebro. Embora nos últimos cinco anos tenham ocorrido impressionantes manifestações de reorganização cerebral que eram consideradas impossíveis, o grau que se pode verificar na maioria dos adultos é muitíssimo menor que aquele viável em crianças e adolescentes.

Naturalmente, existem diferenças individuais. Assim como determinadas pessoas se recuperam mais depressa do que outras de fraturas ou cortes na pele, também é verdade que algumas forjam novas conexões com mais facilidade que outras. De modo geral, entre 8 oito e 14 anos, a poda começa a ocorrer nos lobos frontais, região do pensamento e do raciocínio mais depurados, do planejamento e do controle dos impulsos. A mielinização começa a ser intensificada nessa época. A mielina é uma substância gordurosa que reveste os axônios, acelerando a transmissão sináptica. (Por isso, à medida que as crianças crescem, em geral a solução de problemas se torna mais rápida e se mostram capazes de solucionar problemas mais complexos.) A mielinização do cérebro inteiro costuma estar concluída aos 20 anos. A esclerose múltipla é uma das muitas doenças degenerativas que podem afetar o revestimento de mielina dos neurônios.

O equilíbrio entre simplicidade e complexidade na música também influencia nossas preferências. Estudos científicos sobre as tendências de atração ou repulsão em toda uma série de terrenos estéticos — pintura, poesia, dança e música — mostraram a existência de uma relação sistemática entre a complexidade de uma obra artística e a ressonância que encontra em nós. Naturalmente, a complexidade é um conceito absolutamente subjetivo. Para que faça sentido, temos de reconhecer que o que parece impenetravelmente complexo para Stanley pode encaixar-se exatamente no "lugar de conforto" da preferência de Oliver. Da mesma forma, o que uma pessoa acha insípido e terrivelmente simplório pode parecer difícil a outra, em função de diferenças de formação, experiência, compreensão e esquemas cognitivos.

Em certo sentido, esquemas são tudo. Constituem o arcabouço do nosso entendimento; formam o sistema no qual situamos os elementos e interpretações de um objeto estético; eles informam nossos modelos e

expectativas cognitivos. Com um esquema, a "Quinta" de Mahler é perfeitamente interpretável, mesmo ao ser ouvida pela primeira vez: trata-se de uma sinfonia, seguindo a forma sinfônica em quatro movimentos; tem um tema principal e outros secundários, apresentando repetições do primeiro; os temas são expressos por meio de instrumentos orquestrais, diferentes, por exemplo, de tambores africanos. Os que conhecem bem a "Quarta" de Mahler perceberão que a "Quinta" começa com uma variação do mesmo tema, inclusive na mesma tonalidade; aqueles que têm certa intimidade com sua obra saberão que ele cita três de suas canções. Os ouvintes com alguma formação musical têm conhecimento de que a maioria das sinfonias, de Haydn a Brahms e Bruckner, começa e termina na mesma tonalidade. Mahler foge a essa convenção em sua "Quinta", passando de dó sustenido menor a lá menor para chegar finalmente a ré maior. Para quem não aprendeu a ter em mente a noção de tonalidade à medida que a sinfonia se desenrola ou a cultivar a ideia de um desenvolvimento sinfônico, isso não faz sentido; para o ouvinte experiente, contudo, esse desprezo das convenções proporciona uma agradável surpresa, uma quebra de expectativas, especialmente quando essas mudanças de tonalidade são feitas com habilidade, para não parecerem chocantes. À falta de um esquema sinfônico adequado, ou no caso de um ouvinte dispor de um outro esquema, quem sabe o de um aficionado das ragas indianas, a "Quinta" de Mahler não tem pé nem cabeça ou talvez seja incoerente, uma ideia musical fundindo-se de maneira amorfa à seguinte, sem limites, sem começo nem fim em cada trecho, para formar um todo coerente. O esquema enquadra nossa percepção, nosso processamento cognitivo e, em última análise, nossa experiência.

Tendemos a não gostar de uma peça musical demasiado simples, considerando-a trivial, ou por demais complexa, considerando-a imprevisível — não nos parece associada a algo familiar. A música ou qualquer forma artística de real interesse precisa encontrar o equilíbrio entre simplicidade e complexidade para ser apreciada. Simplicidade e complexidade têm a ver com familiaridade, e *familiaridade* é simplesmente outro nome para esquema.

Em ciência, como se sabe, é importante definir os termos com clareza. O que seria "simples demais" ou "complexo demais"? Uma possível

definição operacional é que no primeiro caso trata-se de algo trivialmente previsível, semelhante a algo que já conhecemos e que não apresenta qualquer desafio. Por analogia, consideremos o jogo da velha. As crianças pequenas o acham simplesmente fascinante, pois apresenta muitas características que contribuem para despertar o interesse em seu nível de habilidade cognitiva: tem regras claras e bem definidas que qualquer criança é capaz de articular com facilidade; tem um elemento de surpresa, na medida em que o jogador nunca sabe ao certo o que o adversário fará em seguida; o jogo é dinâmico, pois cada um dos movimentos é influenciado pelo que o outro fez; o fim do jogo, aquele que será vencedor ou a possibilidade de um empate são indeterminados, e, ainda assim, existe o limite de nove jogadas. Essa indeterminação gera tensão e expectativa, finalmente liberadas quando o jogo acaba.

À medida que desenvolve uma crescente sofisticação cognitiva, a criança vem a aprender estratégias: a pessoa que faz a segunda jogada nunca vence um jogador competente; o melhor que pode esperar é um empate. Quando a sequência de jogadas e o fim do jogo ficam previsíveis, o jogo perde o interesse. Naturalmente, um adulto ainda sente prazer em jogar com crianças, mas o que apreciamos é seu prazer e o processo — que se desdobra ao longo de vários anos — dela aprender a descobrir os mistérios do jogo à medida que seu cérebro se desenvolve.

Para muitos adultos, Raffi e Barney, o Dinossauro são equivalentes musicais do jogo da velha. Quando a música é por demais previsível, quando o resultado é muito garantido e a "jogada" de uma nota ou acorde para o seguinte não apresenta qualquer elemento de surpresa, achamos a música simplista e sem interesse. Enquanto ela é ouvida (especialmente quando temos a atenção focada), o cérebro processa quais são as diferentes possibilidades quanto à nota seguinte, como a música seguirá, sua trajetória, a direção em que está voltada e o ponto onde terminará. O compositor precisa atrair-nos a um estado de confiança e segurança; devemos permitir que nos conduza por uma jornada harmônica; que nos proporcione um número suficiente de pequenas recompensas — realizações de expectativas — para termos uma sensação de ordem e localização.

Suponhamos que você pegue carona de Davis, na Califórnia, para São Francisco. Você espera que o motorista siga o caminho normal, a Highway 80. Poderia aceitar alguns atalhos, sobretudo se ele for simpático e parecer digno de confiança e seguro do que está fazendo. ("Vou só cortar por aqui na Zamora Road para fugir da obra na via expressa.") Mas se o motorista o conduzir por vias desconhecidas sem qualquer explicação e chegarem a um ponto onde você não reconheça mais onde está, sua sensação de segurança certamente terá sido violada. Naturalmente, as pessoas reagem de maneiras diferentes, de acordo com suas personalidades, a tais viagens imprevistas, sejam elas musicais ou rodoviárias. A reação de algumas é simplesmente de pânico ("Esse Stravinsky vai acabar me matando!"), enquanto outras ficam emocionadas com a aventura da descoberta ("Coltrane está enveredando por um caminho bem esquisito, mas que diabos, não vou morrer se ficar ouvindo um pouco, estou seguro do meu senso de harmonia e serei capaz de encontrar o caminho de volta à realidade musical se for preciso").

Para dar prosseguimento à analogia com os jogos, alguns deles apresentam regras tão complicadas que, em geral, as pessoas não têm paciência para aprendê-los. As possibilidades quanto ao que pode acontecer a qualquer momento são por demais numerosas ou imprevisíveis (para o novato), mas a impossibilidade de prever o que acontecerá em seguida nem sempre indica que um jogo acabará despertando interesse se a pessoa persistir. Determinado jogo pode ter um desenrolar completamente imprevisível, por mais que seja praticado: muitos jogos de mesa consistem simplesmente em jogar o dado e esperar para ver o que acontece. As crianças gostam da sensação de surpresa, mas os adultos podem achar o jogo tedioso, pois, embora ninguém possa prever com exatidão o que vai acontecer (o jogo depende dos resultados aleatórios do dado), o resultado não tem uma estrutura, e além disso o jogador não é capaz de influenciar seu andamento, por maior que seja sua habilidade ou inteligência.

Uma música que apresente muitas mudanças harmônicas ou uma estrutura desconhecida pode levar muitos ouvintes direto à porta de saída; por exemplo, apertando o botão para ouvir a faixa seguinte do CD.

Certos jogos, como Go, Axiom ou Zendo, são tão complicados ou inacessíveis a um novato que muitas pessoas desistem antes de ir muito longe: a estrutura apresenta uma curva de aprendizado muito íngreme, e o novato não pode certificar-se de que valerá a pena investir seu tempo. Muitos têm a mesma experiência com músicas ou formas musicais desconhecidas. Você pode ouvir que Schoenberg é brilhante ou que Tricky é o próximo Prince, mas se não conseguir entender o que acontece no primeiro minuto de uma de suas peças, acabará se perguntando se o resultado compensará o esforço feito para chegar lá. Ficamos pensando que se ouvirmos mais vezes, começaremos a entender e a gostar tanto quanto nossos amigos, mas nos lembramos de outras ocasiões em que investimos horas de audição musical em um artista que nunca chegamos a apreciar realmente. A tentativa de entender e apreciar músicas novas pode ser como a possibilidade de desenvolver uma nova amizade, na medida em que leva tempo, e certas vezes nada podemos fazer para apressar o processo. No nível neural, precisamos ser capazes de encontrar alguns marcos para invocar um esquema cognitivo. Se ouvirmos uma peça musical de teor radicalmente novo um número suficiente de vezes, partes dela acabarão codificadas em nosso cérebro e poderemos desenvolver marcos. Caso seja um compositor habilidoso, tais partes serão exatamente aquelas que ele tinha em mente; seu conhecimento da arte da composição e da percepção e memória humanas lhe terá permitido criar na música certos "ganchos" que acabarão por se destacar em nossa mente.

O processamento estrutural é uma fonte de dificuldade na apreciação de uma nova peça musical. Não entender a forma-sinfônica, a forma-sonata ou a estrutura AABA de um padrão jazzístico é o equivalente, na audição musical, a dirigir por uma autoestrada sem sinalização: nunca sabemos onde estamos nem quando chegaremos ao destino (ou sequer a uma etapa intermediária que representa um marco de orientação). A título de exemplo, muitas pessoas simplesmente não "entram" no jazz; dizem que parece uma louca improvisação sem estrutura nem forma, uma competição musical para espremer o máximo de notas no menor espaço possível. Há vários subgêneros dentro do que é coletivamente chamado

jazz: dixieland, boogie-woogie, big band, swing, bebop, "straight-ahead", acid-jazz, fusion, metafísico e assim por diante. "Straight-ahead", ou "jazz clássico", como às vezes é chamado, é basicamente a forma-padrão do jazz, análoga à sonata ou à sinfonia na música clássica, ou a uma típica canção dos Beatles, de Billy Joel ou dos Temptations no rock.

No jazz clássico, o artista começa tocando o tema principal da canção, muitas vezes uma melodia conhecida da Broadway ou que já fez sucesso com algum outro músico; essas canções são conhecidas como "standards", sendo alguns exemplos "As Time Goes By", "My Funny Valentine" e "All of Me". O artista vai até o fim da forma completa da canção uma vez: em geral, dois versos e o refrão, seguido de outro verso. Damos a isso o nome de forma AABA, representando a letra *A* o verso e a letra *B*, o refrão, ou seja, verso-verso-refrão-verso. Muitas outras variações são possíveis, naturalmente. Algumas canções têm uma seção C, chamada de ponte.

O termo *refrão* é usado para designar não só a segunda seção da canção, como também uma execução integral de toda a forma. Em outras palavras, a execução integral do módulo AABA de uma canção é referida como "tocar um refrão". Quando eu toco jazz, se alguém diz "Toque o refrão" ou "Vamos repassar o refrão" (usando o artigo *o*), todos entendemos que está se referindo a uma seção da canção. Se, ao contrário, disserem "Vamos repassar um refrão" ou "Vamos fazer alguns refrões", todos sabem que se referem à forma inteira.

"Blue Moon" (Frank Sinatra, Billie Holiday) é um exemplo de canção em forma AABA. Um artista de jazz pode brincar com o ritmo ou o clima da canção, ornamentando a melodia. Depois de tocar a forma da canção inteira uma vez, aquilo a que os músicos de jazz se referem como "a cabeça", os diferentes integrantes do conjunto improvisam alternadamente novas formas musicais em torno da original e da progressão harmônica. Cada músico toca um ou mais refrões, e em seguida outro músico retoma do início da cabeça. Durante as improvisações, certos artistas não se afastam muito da melodia original, enquanto outros adicionam variações harmônicas cada vez mais exóticas e distantes. Quando todos tiveram a oportunidade de improvisar, a banda retorna à cabeça, tocando-a

mais ou menos sem alterações, e finaliza. As improvisações podem prolongar-se por muitos minutos: muitas vezes uma interpretação jazzística de uma canção de dois ou três minutos pode estender-se por até 10 ou 15 minutos. Existe também uma ordem chamada habitual para as improvisações: primeiro os instrumentos de sopro, seguidos pelo piano e/ou a guitarra, vindo então o baixista. Às vezes o percussionista também improvisa, normalmente depois do baixo. Certas vezes os músicos também dividem parte de um refrão, cada um deles tocando quatro ou oito compassos para em seguida passar o solo a outro músico, numa espécie de corrida de bastão.

Para um observador inexperiente, tudo pode parecer caótico, mas o simples fato de saber que a improvisação parte dos acordes e da forma original da canção pode fazer uma grande diferença para a orientação do neófito quanto ao momento em que os músicos se encontram. Muitas vezes recomendo a quem está começando a ouvir jazz que se limite a cantarolar mentalmente o tema principal quando a improvisação começa — com frequência é o que os próprios improvisadores estão fazendo —, o que contribui consideravelmente para enriquecer a experiência.

Cada gênero musical tem suas regras e sua forma. Quanto mais ouvimos, mais as regras se impregnam na memória. Quando não há familiaridade com a estrutura, pode decorrer frustração ou simplesmente falta de real apreciação. Conhecer um gênero ou um estilo significa ter efetivamente uma categoria construída ao seu redor e ser capaz de distinguir novas canções como membros dessa categoria ou alheias a ela — ou ainda, em certos casos, como membros "parciais" ou "nebulosos", sujeitos a certas exceções.

Uma relação bem azeitada entre a complexidade e a aceitação costuma ser designada como função do U invertido, pela maneira como esses dois fatores seriam relacionados num gráfico. Imagine um gráfico em que o eixo x represente o grau de complexidade que uma peça musical apresenta (para você), e o eixo y, o quanto você gosta dela. Na parte inferior esquerda do gráfico, perto do início, haveria um ponto referente a uma música muito simples, sendo a sua reação a de não gostar. À medida que

aumenta a complexidade da música, a sua apreciação também aumenta. As duas variáveis seguem uma à outra por um bom tempo no gráfico: maior complexidade gera maior apreciação, até que você chegue a um limiar pessoal e o atravesse, passando de uma reação de intenso desagrado à peça a gostar razoavelmente dela. A certa altura, contudo, aumentando a complexidade, a música torna-se excessivamente complexa, e o seu grau de apreciação começa a diminuir. Já agora, o aumento da complexidade na música faz com que seja cada vez menos apreciada, até que você atravesse um novo limiar e deixe completamente de gostar. Esse gráfico teria a forma de um U ou de um V invertido.

A hipótese do U invertido não significa que o único motivo pelo qual você pode gostar ou detestar uma peça musical é a sua simplicidade ou complexidade. Ela visa, isto sim, dar conta dessa variável. Os próprios elementos da música podem constituir uma barreira à apreciação de novas peças musicais. Naturalmente, pode ser problemático se a música for tocada em volume alto ou baixo demais, mas até o âmbito dinâmico de uma peça — a disparidade entre as partes mais altas e as mais baixas — pode levar certas pessoas a rejeitá-la. Isso pode se aplicar especialmente a pessoas que usam a música para regular o humor de uma forma específica: alguém que busque a música para se acalmar ou para se animar para uma série de exercícios físicos provavelmente não desejará ouvir uma peça musical que oscile em todo o âmbito de volume, do mais baixo ao mais alto, ou que apresente variações emocionais do triste ao esfuziante (como a "Quinta" de Mahler, por exemplo). Tanto o âmbito dinâmico quanto o emocional são simplesmente muito amplos, podendo criar uma barreira à entrada.

A altura também pode influenciar a preferência. Algumas pessoas não suportam o bate-estaca grave do moderno hip-hop, outras não aguentam os "gemidos" agudos do violino. A questão pode ser, em certa medida, de fundo fisiológico; ouvidos diferentes podem, literalmente, transmitir partes diferentes do espectro de frequências, fazendo com que certos sons pareçam agradáveis e outros, repugnantes. Também podem ocorrer associações psicológicas positivas ou negativas com diferentes instrumentos.

O ritmo e padrões influenciam nossa capacidade de apreciar determinado gênero ou peça. Muitos músicos sentem-se atraídos pela música latina por causa da complexidade dos ritmos. Para alguém que não seja um conhecedor, muita coisa pode soar genericamente "latina", mas para uma pessoa capaz de diferenciar as nuances de um acento forte em relação a outros, a música latina é um vasto mundo de interessante complexidade: bossa-nova, samba, rumba, beguine, mambo, salsa, merengue, tango — cada um deles um estilo perfeitamente distinto e identificável. Muita gente, é claro, aprecia realmente a música e os ritmos latinos sem ser capaz de diferençá-los, mas também há quem considere-os complicados ou imprevisíveis demais, o que é suficiente para se afastarem. Pude constatar que quando ensino um ou dois ritmos latinos a certos ouvintes, eles passam a apreciá-los; é tudo uma questão de dar uma base e apresentar um esquema. Para outros ouvintes, são os ritmos bem simples que constituem a porta de entrada para um estilo de música. A queixa mais comum da geração de meus pais a respeito do rock'n'roll, à parte o volume que lhes parecia excessivo, era o fato de ter sempre a mesma batida.

O timbre representa outra barreira para muitas pessoas, e sua influência quase certamente vem aumentando, como sustentei no capítulo 1. A primeira vez em que ouvi John Lennon ou Donald Fagen, achei as vozes incrivelmente estranhas, não queria gostar delas. No entanto algo fazia com que eu voltasse a ouvir — talvez fosse precisamente seu caráter estranho —, e elas acabaram sendo duas das minhas vozes preferidas; que já deixaram de ser apenas familiares, chegando perto do que só posso chamar de íntimas; é como se tivessem se incorporado à minha pessoa. E o fato é que, no terreno neural, foi efetivamente o que aconteceu. Tendo-os ouvido por milhares de horas e dezenas de milhares de execuções de suas canções, meu cérebro desenvolveu circuitos capazes de identificar suas vozes entre muitas outras, mesmo em canções inéditas. Meu cérebro codificou cada nuance vocal e floreio tímbrico, de tal maneira que, quando ouço uma versão alternativa de uma de suas canções — como é possível fazer na *John Lennon Collection*, que reúne versões de seus álbuns que circulam apenas nos meios profissionais —, reconheço ime-

diatamente de que maneiras a performance se diferencia da que foi armazenada nas vias neurais da minha memória.

Como acontece com outros tipos de preferência, as musicais são também influenciadas pelo que já vivenciamos e pelo resultado dessas experiências ter sido positivo ou negativo. Se algum dia você teve uma experiência negativa com uma abóbora — que o deixou, por exemplo, enjoado —, é provável que tome cuidado com futuras incursões pela degustação de abóboras. Se suas experiências com o brócolis foram poucas, mas bastante positivas, é possível que você se disponha a experimentar uma nova receita.

Os tipos de sons, ritmos e texturas musicais que consideramos agradáveis geralmente são extensões de experiências musicais positivas que tivemos anteriormente, uma vez que ouvir uma canção da qual gostamos é muito parecido com ter qualquer outra experiência sensória agradável — comer chocolate, framboesas frescas, sentir o cheiro do café pela manhã, observar uma obra de arte ou a expressão tranquila de uma pessoa querida dormindo. Sentimos prazer na experiência sensória, sentimo-nos reconfortados com sua familiaridade e a segurança por ela gerada. Posso ver uma framboesa madura, cheirá-la e prever que será saborosa e que a experiência será segura — não ficarei enjoado. Se nunca vi um *loganberry*,* posso considerar que são suficientes os pontos em comum com a framboesa para me arriscar a comer, prevendo que estarei seguro.

A segurança é um fator levado em conta por muitos de nós nas escolhas musicais. Em certa medida, nos rendemos à música ao ouvi-la: decidimos confiar nos compositores e músicos, deixamos que a música nos leve a algum lugar fora de nós mesmos. Muitos sentimos que a boa música nos liga a algo maior que nossa existência, a outras pessoas ou a Deus. Mesmo quando não nos transporta a algum lugar de transcendência emocional, ela pode alterar nosso estado de espírito. É compreensível, assim, que relutemos em baixar a guarda, em desarmar nossas defesas emocionais para qualquer um. Podemos fazê-lo se os músicos e o com-

* Híbrido de framboesa e amora. (*N.T.*)

positor nos transmitirem segurança; precisamos ter confiança de que nossa vulnerabilidade não será explorada. É em parte por este motivo que muitas pessoas não conseguem ouvir Wagner. Em vista de seu pernicioso antissemitismo, da absoluta vulgaridade de sua mente (tal como a descreve Oliver Sacks) e da associação de sua música com o regime nazista, há quem não se sinta seguro ouvindo-a. Wagner sempre me incomodou profundamente, e não apenas sua música, mas também a *ideia* de ouvi-la. Reluto em me entregar à sedução de uma música criada por uma mente tão perturbada e um coração tão perigoso (ou tão impenetravelmente duro), por medo de ser levado a ideias igualmente repulsivas. Quando ouço a música de um grande compositor, sinto que em certo sentido me uno a ele ou permito que uma parte dele entre em mim. E isso também me parece inquietante na música popular, pois certos criadores do pop são grosseiros, sexistas, racistas ou as três coisas ao mesmo tempo.

Esse sentimento de vulnerabilidade e entrega parece mais intenso do que nunca no rock e na música popular dos últimos quarenta anos. É o que explica a adoração de que estão cercados músicos populares como o Grateful Dead, a Dave Matthews Band, Phish, Neil Young, Joni Mitchell, os Beatles, R.E.M., Ani DiFranco. Permitimos que controlem nossas emoções e até nossa política, para nos animar, desanimar, confortar, inspirar. Deixamos que entrem em nossas salas e quartos quando não há mais ninguém por perto. Eles entram por nossos ouvidos quando não estamos nos comunicando com mais ninguém neste mundo.

Não parece normal tornar-se tão vulnerável diante de um total estranho. Quase todos nós temos algum tipo de proteção que nos impede de ir expondo sem hesitação cada pensamento e sentimento que nos advenha. Quando alguém nos pergunta "Tudo bem?", respondemos "Tudo bem", ainda que estejamos deprimidos por causa de uma briga em casa ou com algum pequeno problema físico. Meu avô costumava dizer que o protótipo do chato é aquele sujeito que, ante a pergunta "Como vai?", começa a efetivamente contar seus problemas. Existem certos detalhes que simplesmente não revelamos, nem mesmo aos amigos mais próximos: problemas digestivos ou intestinais, por exemplo, ou sentimentos

de insegurança. Um dos motivos pelos quais nos dispomos a ficar vulneráveis diante de nossos músicos favoritos é que muitas vezes eles também se fazem vulneráveis diante de nós (ou transmitem vulnerabilidade por meio de sua arte, não sendo importante, aqui, saber se estão realmente vulneráveis ou se se trata apenas de uma representação artística).

A força da arte consiste nessa capacidade de nos conectar às pessoas e a verdades maiores no que diz respeito à vida e ao seu significado. Quando Neil Young canta

Old man look at my life, I'm a lot like you were...
Live alone in a paradise that makes me think of two.

[Meu velho, veja a minha vida, eu sou muito parecido com o que você foi...
Vivo sozinho num paraíso que me faz pensar em dois.]

nós sentimos pelo homem que compôs a canção. Posso não viver no paraíso, mas sou capaz de me identificar com um homem que pode ter alcançado certo sucesso material, mas não tem com quem compartilhá-lo, alguém que sente ter "ganhado o mundo, mas perdido a alma", como cantava George Harrison, citando ao mesmo tempo o Evangelho segundo Marcos e Mahatma Gandhi.

Também quando Bruce Springsteen canta "Back in Your Arms", sobre a perda do amor, algo equivalente ressoa dentro de nós, na voz de um poeta de perfil semelhante ao do "homem comum" que é Neil Young. E quando pensamos em tudo que está ao alcance de Springsteen — a adoração de milhões de pessoas em todo o mundo, além de milhões de dólares —, parece tanto mais trágico que não possa ter a mulher que ama.

Ouvimos vulnerabilidade nos lugares mais improváveis, e isso nos aproxima do artista. David Byrne (do Talking Heads) é conhecido por seus versos abstratos e artísticos, com um certo toque cerebral. No seu solo em "Lilies of the Valley", ele fala de solidão e medo. Em certa medida, nossa apreciação dessa letra é intensificada pelo fato de sabermos algumas coisas sobre o artista, ou pelo menos sobre sua *persona* artísti-

ca, na figura de um intelectual excêntrico que raramente revelava coisas tão íntimas e transparentes quanto o sentimento de medo.

É assim que as ligações com o artista ou com aquilo que ele representa podem influenciar nossas preferências musicais. Johnny Cash cultivava uma imagem de fora da lei e também mostrava sua compaixão pelos presos, apresentando-se muitas vezes em penitenciárias. Os presos podem gostar da música de Johnny Cash — ou passar a gostar dela — pelas posições do artista, independentemente de quaisquer considerações de ordem estritamente musical. Mas os fãs não passam daí quando se trata de seguir seus heróis, como Dylan aprendeu no Newport Folk Festival. Johnny Cash podia cantar sobre o desejo de sair da prisão sem alienar seu público, mas se tivesse dito que gostava de visitar prisões porque assim dava mais valor à própria liberdade, certamente teria ultrapassado o limite entre a compaixão e a falta de consideração, e, compreensivelmente, os condenados se teriam voltado contra ele.

As preferências começam com a experiência, e cada um de nós tem o seu quociente de "disposição para o risco" no que diz respeito ao grau de afastamento da zona de segurança musical a que aceita se expor. Certas pessoas mostram-se mais abertas à experimentação do que outras em todos os aspectos da vida, inclusive a música; e tal hábito pode ser buscado ou evitado em diferentes épocas da vida. Em geral, é nos períodos em que nos sentimos entediados que buscamos novas experiências. Como a rádio pela internet e os reprodutores individuais de música se tornam mais populares, creio que dentro de alguns anos teremos estações personalizadas de rádio atendendo a preferências pessoais, controladas por algoritmos de computador que tocarão para nós uma combinação de músicas que já conhecemos e apreciamos, e de músicas que ainda não conhecemos, mas das quais podemos gostar. Considero importante que, qualquer que seja a forma assumida por essa tecnologia, os ouvintes disponham de um botão da "disposição para o risco" que possam acionar para controlar a mistura do velho e do novo, graduando o distanciamento da nova música em relação àquela que costumam ouvir. É algo que varia muito de pessoa para pessoa e mesmo de um momento para outro no mesmo indivíduo.

Nossos hábitos de audição musical criam esquemas para os gêneros e as formas mesmo quando estamos apenas ouvindo passivamente, e não tentando analisar a música. Desde muito cedo, sabemos o que é permitido na música de nossa cultura. Para muitas pessoas, o que será apreciado ou rejeitado no futuro dependerá dos tipos de esquemas cognitivos musicais formados nos hábitos de audição da infância. A música que ouvimos na infância não necessariamente determinará nosso gosto musical; muitas pessoas têm contato com músicas de diferentes culturas e estilos e mesmo as estudam, tornando-se aculturadas e aprendendo também seus esquemas. O que interessa saber é que as primeiras experiências frequentemente são as mais profundas, transformando-se no alicerce de novos horizontes musicais.

As preferências musicais têm também um forte componente social, baseado em nosso conhecimento do cantor ou músico, naquilo que é apreciado por nossa família e nossos amigos, assim como no que a música representa. Historicamente, e em especial do ponto de vista evolutivo, a música sempre esteve envolvida em atividades sociais, o que talvez explique por que a forma mais comum de expressão musical, dos Salmos de David a Tin Pan Alley e à música contemporânea, é a canção de amor, e por que elas são tão caras para a maioria de nós.

CAPÍTULO 9 O instinto musical

O SUCESSO Nº 1 DA EVOLUÇÃO

De onde veio a música? O estudo de suas origens evolutivas tem uma importante tradição, remontando a Darwin, que acreditava ter ela se desenvolvido pela seleção natural, integrada aos rituais humanos ou paleo-humanos de acasalamento. Considero que a ideia também é corroborada cientificamente, mas nem todos concordam. Depois de décadas de investigações esparsas quanto à matéria, em 1977 os interesses subitamente se voltaram para um desafio lançado pelo psicólogo e cientista cognitivo Steven Pinker.

Em todo o mundo cerca de 250 pessoas têm como principal foco de pesquisa a percepção e a cognição musicais. Como acontece na maioria das disciplinas científicas, realizamos conferências uma vez por ano. Em 1997, ela aconteceu no Massachusetts Institute of Technology (MIT), e Steven Pinker foi convidado a abrir os trabalhos. Ele acabara de concluir *How the Mind Works* [Como a mente funciona], uma ambiciosa obra que explica e sintetiza os grandes princípios da ciência cognitiva, mas não era ainda uma figura muito conhecida. "A linguagem, com toda a evidência, é uma adaptação evolutiva", disse ele em sua alocução. "Os mecanismos por nós estudados, como psicólogos e cientistas cognitivos, como a memória, a atenção, a categorização e a tomada de decisões, têm nitidamente um propósito evolutivo." Ele explicou que de tempos em tempos encontramos em um organismo um determinado comportamento ou atributo desprovido de qualquer fundamento evolutivo claro; isso ocorre quando forças evolutivas propagam uma adaptação por um motivo específico, e algum outro elemento pega carona nesse processo, num

fenômeno ao qual Stephen Jay Gould deu o nome de tímpano, tomando o conceito e o nome de empréstimo à arquitetura. Quando um arquiteto projeta uma abóbada sustentada por quatro arcos, necessariamente haverá um espaço entre eles, não porque o tenha planejado, mas por ser um subproduto do projeto. Os pássaros desenvolveram penas para se aquecer, mas acabaram cooptando-as para outra finalidade: voar. Isto é um tímpano.

Muitos tímpanos acabam se revelando tão úteis que se torna difícil saber se surgiram de adaptações ou não. O espaço entre os arcos numa construção veio a ser aproveitado pelos artistas para pintar anjos e outros motivos decorativos; o tímpano — um subproduto do projeto arquitetônico — tornou-se uma das partes mais belas da construção. Pinker sustentava que a linguagem é uma adaptação, e a música, o seu tímpano. Entre as operações cognitivas efetuadas pelos seres humanos, a música é a de estudo menos interessante, por ser meramente um subproduto, prosseguia ele, um acidente evolutivo pegando carona na linguagem.

"A música é como um *cheesecake* auditivo", dizia ele, com desdém. "Simplesmente estimula várias partes importantes do cérebro de forma altamente agradável, exatamente como o *cheesecake* estimula o palato." Os seres humanos não desenvolveram gosto por esse alimento, mas por gorduras e açúcares, que nunca se apresentaram em oferta abundante ao longo de nossa história evolutiva. Desenvolvemos então um mecanismo neural que fazia com que nossos centros de gratificação fossem disparados quando comíamos açúcares e gorduras, uma vez que, nas pequenas quantidades em que estavam disponíveis, nos eram benéficos.

A maioria das atividades importantes para a sobrevivência da espécie, como comer e se reproduzir, também geram prazer, e nosso cérebro desenvolveu mecanismos para recompensar e estimular esses comportamentos. Porém, podemos aprender a provocar um curto-circuito nas atividades originais para acessar diretamente esses sistemas de recompensa. Podemos ingerir alimentos sem valor nutritivo e fazer sexo sem procriar; podemos fazer uso de heroína, que explora os receptores normais de prazer do cérebro; nada disso tem função adaptativa, mas os centros do prazer no nosso sistema límbico não sabem a diferença. As-

sim foi que os seres humanos descobriram que o *cheesecake* simplesmente aperta os botões de prazer da gordura e do açúcar, explicou Pinker, e a música não passa de um comportamento de busca do prazer que explora um ou mais dos canais desenvolvidos para reforçar um comportamento adaptativo, presumivelmente a comunicação linguística.

"A música", ensinava-nos Pinker, "aperta botões da capacitação linguística (à qual se sobrepõe de várias maneiras); do córtex auditivo, o sistema que reage aos sinais emocionais de uma voz humana gritando ou murmurando; e do sistema de controle motor, que induz o ritmo nos músculos quando caminhamos ou dançamos."

"Em matéria de causas e efeitos biológicos", escreveu Pinker em *O instinto da linguagem* (parafraseando a mesma ideia na mencionada conferência), "a música não tem utilidade. Não aparenta ser capaz de alcançar uma meta como vida longa, netos ou percepção e previsão apurada do mundo. Em comparação com a linguagem, a visão, o raciocínio social e o conhecimento físico, a música poderia desaparecer da nossa espécie, e nosso estilo de vida ficaria praticamente inalterado."

Quando um cientista brilhante e respeitado como Pinker faz uma afirmação polêmica, a comunidade científica toma conhecimento, o que me levou, assim como a muitos colegas, a reavaliar uma posição que considerávamos garantida, a respeito do fundamento evolutivo da música. Pinker nos fez pensar, e um pouco de pesquisa mostrou que ele não é o único teórico que menospreza as origens evolutivas da música. O cosmólogo John Barrow afirmou que a música não tem qualquer papel na sobrevivência da espécie, e o psicólogo Dan Sperber referiu-se a ela como "um parasita evolutivo". Sperber considera que desenvolvemos uma capacidade cognitiva de processar padrões sonoros complexos que variam em altura e duração, e que tal capacidade de comunicação manifestou-se inicialmente em seres humanos primitivos e pré-linguísticos. Segundo ele, a música desenvolveu-se de forma parasitária para explorar essa capacidade, que foi aprimorada para a verdadeira comunicação. Ian Cross, da Universidade de Cambridge, resume: "Para Pinker, Sperber e Barrow, a música só existe por causa do prazer que proporciona; sua base é puramente hedonística."

De minha parte, considero que Pinker se equivoca, mas deixarei que os fatos falem por si mesmos. Quero primeiro voltar a 150 anos atrás, até Charles Darwin. A fórmula que quase todos aprendemos na escola, "sobrevivência do mais capaz" (infelizmente propagada pelo filósofo britânico Herbert Spencer), representa uma simplificação descabida da evolução. A teoria evolucionista repousa em vários pressupostos. Em primeiro lugar, todos os nossos atributos fenotípicos (aparência, aspectos fisiológicos e certos comportamentos) estão codificados em nossos genes, que são transmitidos de geração a geração e que dizem ao nosso corpo como produzir proteínas, o que gera nossas características fenotípicas. A ação dos genes é específica das células em que residem; determinado gene pode conter informações úteis ou não — as células do olho não precisam produzir pele, por exemplo. O nosso genótipo (uma sequência particular de DNA) dá origem ao nosso fenótipo (as características físicas particulares). Resumindo: muitas das maneiras pelas quais os membros de uma espécie diferem entre si estão codificadas nos genes, que, por sua vez, são transmitidos pela reprodução.

O segundo pressuposto da teoria evolucionista é o de que existe entre nós certo grau de variabilidade genética natural. Em terceiro lugar, quando acasalamos, o material genético dos pais se combina para formar um novo ser, cujo material genético provém em partes iguais de cada um dos pais. Finalmente, em virtude de erros ocorridos espontaneamente, podem surgir falhas ou mutações que eventualmente serão transmitidas à geração seguinte.

Os genes que existem em nós hoje (com exceção de um pequeno número que pode ter sofrido mutação) são os que se reproduziram com êxito no passado. Cada um de nós é um vencedor numa corrida armamentista genética; muitos genes que não conseguiram se reproduzir acabaram morrendo, sem deixar descendentes. Todos que estão vivos hoje são compostos de genes que saíram vencedores numa grande e longa competição genética. O conceito de "sobrevivência do mais capaz" é uma simplificação exagerada porque leva à visão distorcida de que os genes que conferem a um determinado organismo uma vantagem na luta pela sobrevivência são aqueles mesmos que vencerão a corrida genética. Uma vida longa,

contudo, por mais feliz e produtiva que seja, não transmite genes. Um organismo precisa reproduzir-se para transmitir seus genes. O negócio, no jogo evolutivo, é reproduzir-se a qualquer preço, e cuidar para que os filhos vivam o suficiente para fazer o mesmo, e também para que os filhos dos filhos vivam o suficiente para fazer o mesmo, e assim por diante.

Se um organismo vive o suficiente para se reproduzir, e se os seus filhos são saudáveis e protegidos para que possam fazer o mesmo, não existe qualquer motivo evolutivo incontornável para que o organismo viva por muito tempo. Certas aves e aranhas morrem durante o acasalamento sexual ou depois dele. Os anos posteriores ao acasalamento não proporcionam qualquer vantagem para a sobrevivência dos genes do organismo, a menos que ele seja capaz de usar esse período para proteger a prole, assegurar-lhe os recursos necessários ou ajudá-la no acasalamento. Desse modo, duas coisas levam ao "sucesso" dos genes: (1) o organismo consegue acasalar-se com êxito, transmitindo os seus genes, e (2) sua prole consegue sobreviver e fazer o mesmo.

Darwin reconheceu essa implicação de sua teoria da seleção natural e desenvolveu a ideia da seleção sexual. Como o organismo precisa se reproduzir para transmitir seus genes, as qualidades que permitirão atrair o parceiro acabam sendo codificadas no genoma. Se os maxilares proeminentes e os bíceps avantajados são características atraentes (aos olhos das possíveis parceiras), os homens dotados dessas características terão maior êxito na reprodução do que os concorrentes de mandíbulas acanhadas e braços finos. Desse modo, os genes dos maxilares avantajados e dos bíceps proeminentes haverão de se tornar mais abundantes. A prole também precisa ser protegida dos elementos, dos predadores, das doenças, além de receber alimentos e outros recursos para que, por sua vez, possa se reproduzir. Assim, um gene que promova comportamentos de proteção e cuidado após a cópula também poderia disseminar-se na população, de tal maneira que os descendentes de pessoas com o gene do cuidado e da proteção se saiam melhor, como grupo, na disputa de recursos e parceiros.

Desempenharia a música um papel na seleção sexual? Era o que pensava Darwin. Em *A descendência do homem*, ele escreveu: "Concluo que

o ritmo e as notas musicais foram originalmente adquiridos pelos ancestrais masculinos ou femininos da humanidade para atrair o sexo oposto. Desse modo, os tons musicais vieram a ser fortemente associados a algumas das mais fortes paixões que um animal é capaz de sentir, sendo, em consequência, usados instintivamente." Na busca de parceiros sexuais, nosso impulso inato — consciente ou não — é encontrar uma pessoa biológica e sexualmente saudável, alguém que nos proporcione filhos com probabilidade de serem saudáveis e também capazes de atrair parceiros. A música pode indicar adequação biológica e sexual, servindo para atrair parceiros.

Darwin considerava que a música antecedia a fala como ferramenta para fazer a corte, equiparando-a à cauda do pavão. Em sua teoria da seleção sexual, ele postulava a emergência de características que não serviam a qualquer finalidade diretamente ligada à sobrevivência, senão para tornar a pessoa (e, portanto, os seus genes) atraente. O psicólogo cognitivo Geoffrey Miller associou essa ideia ao papel desempenhado pela música na sociedade contemporânea. Jimi Hendrix tinha "ligações sexuais com centenas de tietes, mantinha paralelamente relacionamentos duradouros com pelo menos duas mulheres e teve pelo menos três filhos nos Estados Unidos, na Alemanha e na Suécia. Se vivesse nas condições anteriores ao controle de natalidade da época de nossos antepassados, teria tido muito mais", escreve Miller. Robert Plant, o principal vocalista do Led Zeppelin, rememora sua experiência com as grandes turnês do grupo na década de 1970: "Eu estava no meu barato do amor. Sempre. Qualquer que fosse o caminho, o carro estava sempre se dirigindo para um dos maiores encontros sexuais da minha vida."

O número de parceiras sexuais das estrelas do rock pode ser centenas de vezes maior que o de um homem normal, e no caso das maiores dessas estrelas, como Mick Jagger, a aparência física pode nem sequer ter importância.

Durante a corte sexual, os animais frequentemente fazem propaganda da qualidade de seus genes, de seus corpos e mentes, com o objetivo de atrair o melhor parceiro possível. Muitos comportamentos específicos da espécie humana (como a conversa, a produção musical, a habili-

dade artística e o humor) podem ter-se desenvolvido sobretudo para fazer reclame da inteligência durante a corte. Miller sugere que, nas condições de nossa história evolutiva em que a música e a dança estiveram completamente associadas, o talento ou a capacidade para ambas as manifestações constituiria um indício de adequação sexual sob dois pontos de vista. Primeiro, qualquer pessoa capaz de cantar e dançar estava apregoando para possíveis parceiros sua energia e boa saúde, tanto física quanto mental. Depois, aquele que mostrava desembaraço ou qualificação na música e na dança estava anunciando que já dispunha de comida suficiente e de um abrigo sólido e seguro o bastante para se dar ao luxo de perder tempo no cultivo de uma habilidade a rigor desnecessária. É o argumento da bela cauda do pavão: o tamanho da cauda é proporcional à idade, à saúde e à adequação do pássaro. Seu rico colorido indica que o saudável pavão tem metabolismo para dar e vender, que ele é tão apto, bem constituído e saudável (em termos de recursos) que pode dispor de recursos extras para investir em algo da esfera exclusiva da ostentação e da estética.

Na sociedade contemporânea, é o que vemos no caso das pessoas ricas que constroem casas luxuosas ou circulam em carros de centenas de milhares de dólares. Não podia ser mais clara a mensagem no âmbito da seleção sexual: escolha-me. Tenho tanta comida e tantos recursos que posso desperdiçá-los nesses produtos de luxo. Não é por acaso que muitos homens que vivem na pobreza ou perto dela nos Estados Unidos compram velhos Cadillacs e Lincolns, automóveis nada práticos que são símbolos de status e inconscientemente sinalizam a aptidão sexual do dono. É o que também está na origem da tendência de certos homens a usar joias chamativas. O fato de a preocupação com carros e joias ser mais intensa nos adolescentes, quando é maior sua potência sexual, corrobora a teoria. Fazer música, um ato que envolve toda uma série de aptidões físicas e mentais, representaria uma ostentação de saúde, podendo também indicar riqueza de recursos, pois a pessoa estaria demonstrando ter tempo para desenvolver sua musicalidade.

Na sociedade contemporânea, o interesse pela música também chega ao auge na adolescência, corroborando ainda mais os aspectos de sele-

ção sexual da música. É muito maior o número de adolescentes de 19 anos que formam bandas que o de pessoas na faixa dos 40, embora estas tenham tido mais tempo para desenvolver sua musicalidade e suas preferências. "A música evoluiu e continua a funcionar como ferramenta de corte, utilizada sobretudo por jovens machos para atrair fêmeas", sustenta Miller.

A música como maneira de ostentar aptidão sexual não é uma ideia tão absurda se nos dermos conta da forma assumida pela caça em certas sociedades de caçadores-coletores. Certos proto-humanos recorriam à caça de persistência: arremessar lanças, pedras e outros projéteis contra a presa, passando a persegui-la durante horas, até que o animal caísse, dos ferimentos e da exaustão. Se nas antigas sociedades de caçadores-coletores a dança tinha alguma semelhança com o que observamos nas sociedades contemporâneas, certamente durava muitas horas, exigindo grande esforço aeróbico. Tratando-se de ostentar a aptidão de um macho para participar de uma caçada ou liderá-la, essas danças tribais constituíam um excelente indicador. As danças tribais costumam consistir em movimentos repetidos — levantar os pés, bater com eles no chão, pular — que mobilizam os músculos maiores e mais sedentos de energia do corpo. Sabe-se hoje que muitas doenças mentais comprometem a capacidade de dançar ou acompanhar ritmos — é o caso da esquizofrenia e da doença de Parkinson, para citar apenas duas —, de tal maneira que as danças e músicas ritmadas que caracterizaram a maior parte das manifestações musicais ao longo dos tempos servem como garantia de aptidão física e mental, e talvez até de confiabilidade e conscienciosidade (uma vez que, como vimos no capítulo 7, a alta qualificação exige um tipo específico de foco mental).

Outra possibilidade é que a evolução tenha selecionado a criatividade em geral como sinal de aptidão sexual. A improvisação e a novidade numa performance de música e dança indicariam flexibilidade cognitiva no dançarino, sinalizando seu potencial de perspicácia e sua capacidade estratégica na caça. A riqueza material de um pretendente masculino há muito é considerada um dos fatores de maior atração para as fêmeas, que consideram que ela aumentará a probabilidade de que suas crias te-

nham fartura de alimentos, abrigo e proteção. (A proteção é maior no caso dos ricos porque podem arregimentar apoio de outros membros da comunidade em troca de alimentos ou marcas simbólicas de riqueza, como joias e dinheiro.) Se para namorar é importante ser rico, a música poderia parecer relativamente sem importância. Porém Miller e sua colega Martie Haselton, da Universidade da Califórnia em Los Angeles, mostraram que a criatividade sobrepuja a riqueza, pelo menos nas fêmeas da espécie humana. Sua hipótese é que, embora a riqueza possa indicar quem será um bom papai (para a criação dos filhos), a criatividade pode indicar melhor quem fornecerá os melhores genes (para a geração de filhos).

Num estudo muito bem concebido, mulheres em várias etapas do ciclo menstrual normal — algumas no auge da fertilidade, outras na fertilidade mínima e outras ainda nas etapas intermediárias — foram convidadas a manifestar suas preferências sobre parceiros potenciais considerados mais ou menos atraentes, com base em descrições escritas de indivíduos fictícios. Uma dessas descrições podia referir-se a um artista que demonstrava grande inteligência criativa no trabalho, mas que era pobre, por falta de sorte. Uma outra se referia a um homem dotado de inteligência criativa média, mas que era rico em decorrência de boa sorte. Todas as descrições deixavam claro que a criatividade do homem em questão decorria de seus traços e atributos (sendo, portanto, endógena, genética e transmissível), ao passo que a condição financeira de cada um deles era em grande medida acidental (e, portanto, exógena e não transmissível).

Os resultados mostraram que, quando no auge da fertilidade, as mulheres preferiam o artista criativo, mas pobre, ao homem sem grande criatividade, mas rico, como parceiro a curto prazo ou para um episódio sexual breve. Em outras etapas do ciclo, as mulheres não demonstraram tais preferências. É importante ter em mente que as preferências são em grande medida constituintes, não sendo superadas facilmente por meio de cognições conscientes; o fato de as mulheres hoje em dia poderem evitar a gravidez recorrendo a métodos de controle de natalidade quase infalíveis é uma ideia tão nova em nossa espécie que não chega a ter influência nas preferências inatas. Os homens (e as mulheres) que podem vir a ser os pais mais zelosos não são necessariamente os mesmos que

podem contribuir com os melhores genes para os filhos. As pessoas nem sempre se casam com os parceiros pelos quais sentem maior atração sexual, e 50% dos entrevistados de ambos os sexos afirmam ter relações extraconjugais. É muito maior o número de mulheres que querem dormir com estrelas do rock e atletas que o das que desejam casar-se com eles. Em suma, os melhores pais (no sentido biológico) nem sempre são os melhores na criação dos filhos, o que pode explicar por que, segundo recente estudo europeu, 10% das mães relataram que os filhos eram criados por homens que acreditavam equivocadamente serem de fato os pais. Embora a reprodução possa não ser o motivo, é difícil distinguir as preferências inatas de fundo evolutivo na escolha dos parceiros de acasalamento dos nossos gostos de fundo social e cultural no que diz respeito aos parceiros sexuais.

Para o musicólogo David Huron, da Universidade do Estado de Ohio, a questão-chave em matéria de base evolutiva está em saber quais vantagens poderiam ser desfrutadas por indivíduos que exibem comportamentos musicais, em comparação com os que não o fazem. Se a música é um comportamento não adaptativo de busca do prazer — a tese do *cheesecake* auditivo —, caberia esperar que ela não durasse muito no tempo evolutivo. Escreve Huron: "Os consumidores de heroína tendem a negligenciar a própria saúde e sabidamente apresentam altos índices de mortalidade. Além disso, não são bons pais; tendem igualmente a negligenciar os filhos." Negligenciar a própria saúde e a dos filhos é uma maneira garantida de reduzir a probabilidade de que os genes sejam transmitidos a futuras gerações. Em primeiro lugar, se a música não fosse adaptativa, seus amantes estariam de alguma forma em desvantagem do ponto de vista evolutivo ou da sobrevivência. Além disso, ela não teria durado muito tempo. Qualquer atividade de baixo valor adaptativo não tem grande probabilidade de ser praticada durante muito tempo na história da espécie ou de ocupar uma parte significativa do tempo e da energia de um indivíduo.

Os indícios de que dispomos indicam que a música não pode ser apenas um *cheesecake* auditivo; ela está presente há muito tempo na história de nossa espécie. Os instrumentos musicais encontram-se entre os

mais antigos artefatos de fabricação humana de que temos notícia. Um bom exemplo é a flauta de osso eslovena, datada de cinquenta mil anos atrás e feita com o fêmur de um urso europeu hoje extinto. Na história de nossa espécie, a música é anterior à agricultura. Podemos afirmar, sem medo de errar, que não existem provas tangíveis de que a linguagem tenha antecedido a música. Na verdade, é precisamente o contrário que sugerem as provas materiais. A música certamente é mais antiga que a flauta de osso de cinquenta mil anos, pois é improvável que as flautas tenham sido os primeiros instrumentos. O mais provável é que diferentes instrumentos de percussão, entre eles tambores e chocalhos, já fossem usados milhares de anos antes das flautas — é o que constatamos nas sociedades contemporâneas de caçadores-coletores, assim como nos registros de invasores europeus sobre o que encontraram nas culturas americanas nativas. Os registros arqueológicos mostram um histórico ininterrupto de criação musical onde quer que houvesse seres humanos, em todas as eras. E além disso, é claro, o canto muito provavelmente é também anterior às flautas.

Reafirmando, então, o princípio básico da biologia evolutiva: "As mutações genéticas que contribuem para aumentar a probabilidade de alguém viver tempo suficiente para se reproduzir tornam-se adaptações." As melhores estimativas são de que pelo menos cinquenta mil anos são necessários para que uma adaptação se manifeste no genoma humano. Isso é o que se chama de defasagem evolutiva: o espaço de tempo entre o momento em que uma adaptação se manifesta pela primeira vez numa pequena proporção de indivíduos e aquele em que se dissemina amplamente na população. Quando os geneticistas comportamentais e os psicólogos da evolução buscam uma explicação em termos evolutivos de nossos comportamentos ou de nossa aparência, focalizam sua atenção no problema que era atacado pela adaptação. Em virtude da defasagem evolutiva, contudo, a adaptação teria ocorrido em reação a condições prevalecentes há pelo menos cinquenta mil anos, e não atualmente. Nossos antepassados caçadores-coletores tinham um estilo de vida muito diferente do de qualquer pessoa que esteja lendo este livro, com diferentes prioridades e pressões. Grande parte dos problemas que hoje

enfrentamos — câncer, doenças cardíacas, talvez até o alto índice de divórcios — nos atormentam porque nosso corpo e cérebro foram criados para enfrentar as condições de vida que se apresentavam há cinquenta mil anos. Daqui a cinquenta mil anos, é possível que nossa espécie finalmente tenha evoluído o bastante para enfrentar a vida tal como se apresenta hoje, com cidades superpovoadas, poluição do ar e da água, videogames, poliéster, bolos cobertos de glacê e um grave desequilíbrio na distribuição mundial de recursos. Podemos desenvolver mecanismos mentais que nos permitam viver apinhados sem a sensação de perda de privacidade, além de mecanismos fisiológicos para processar o monóxido de carbono, o lixo radioativo e o açúcar refinado, aprendendo, além disso, a utilizar recursos que hoje não podem ser usados.

Quando nos perguntamos sobre as bases evolutivas da música, não adianta pensar em Britney ou Bach. Temos de imaginar como era a música há cerca de cinquenta mil anos. Os instrumentos encontrados em sítios arqueológicos podem nos ajudar a entender de que se valiam nossos antepassados para fazer música e que tipos de melodias ouviam. As pinturas encontradas em cavernas e em utensílios primitivos de cerâmica e outros artefatos pictóricos podem dizer-nos algo sobre o papel que a música representava na vida cotidiana. Também podemos estudar as sociedades contemporâneas que permaneceram apartadas da civilização tal como a conhecemos, grupos de pessoas com estilos de vida de caçadores-coletores inalterados há milhares de anos. Uma descoberta impressionante é a de que, em todas as sociedades de que temos notícia, a música e a dança são inseparáveis.

Os argumentos contrários ao caráter adaptativo da música levam-na em conta apenas como som desencarnado e, além disso, produzido por uma classe especializada para determinada audiência. Mas o fato é que só nos últimos quinhentos anos a música tornou-se uma atividade de espectadores: a ideia de um concerto musical em que uma classe de "especialistas" se apresentasse para um público de apreciadores era praticamente desconhecida ao longo de nossa história como espécie. E foi só nos últimos cem anos, aproximadamente, que vieram a ser minimizados os vínculos entre sons musicais e movimento humano. A natureza encar-

nada da música, a indivisibilidade entre movimento e som, escreve o antropólogo John Blacking, caracteriza o fazer musical em todas as culturas e tempos. Provavelmente ficaríamos chocados se membros do público num concerto sinfônico se levantassem da cadeira e começassem a bater palmas, gritar e dançar como se espera que aconteça num concerto de James Brown, mas tal reação é certamente mais próxima da nossa verdadeira natureza. A reação de uma polida atitude de escuta, na qual a música se transforma numa experiência inteiramente cerebral (na tradição clássica, até mesmo as emoções musicais devem ser sentidas interiormente, sem causar manifestações físicas), vai de encontro à nossa história evolutiva. As crianças frequentemente têm reações mais de acordo com nossa natureza: mesmo em concertos de música clássica, mexem-se ritmadamente, gritam e de modo geral participam quando sentem vontade. Precisamos educá-las para que se comportem "civilizadamente".

Quando um comportamento ou um traço está amplamente disseminado pelos membros de uma espécie, consideramos que foi codificado no genoma (independentemente de ter sido uma adaptação ou uma característica). Blacking considera que a universal distribuição das habilidades musicais nas sociedades africanas indica que "a habilidade musical [é] uma característica genérica da espécie humana e não um talento raro". Mais importante ainda é o fato de que, segundo escreve Cross, "a habilidade musical não pode ser definida apenas em termos de competência produtiva"; praticamente todo membro de nossa sociedade é capaz de ouvir e, portanto, de entender música.

À parte esses fatos relativos à ubiquidade, à história e à anatomia da música, é importante entender por que e de que maneira ela foi selecionada. Darwin propôs a hipótese da seleção sexual, mais recentemente defendida por Miller e outros, mas também foram indicadas outras possibilidades. Uma delas é a da vinculação e coesão sociais. O fazer musical coletivo pode estimular a coesão social: os seres humanos são animais sociais, e a música pode ter servido historicamente para promover sentimentos de associação e sincronia grupal, talvez constituindo, além disso, um exercício para outros fatos sociais, como a capacidade de esperar seu momento de falar numa conversa. Cantar ao redor da fogueira po-

dia ser uma forma de ficar acordado, afastar predadores e desenvolver a coordenação e a cooperação sociais no interior do grupo. Os seres humanos precisam de vínculos sociais para fazer a sociedade funcionar, e a música é um deles.

Intrigantes indícios no que diz respeito à base de vinculação social da música são encontrados no meu trabalho com Ursula Bellugi sobre indivíduos com distúrbios mentais como a síndrome de Williams (SW) e os transtornos do espectro autista (TEA). Como vimos no capítulo 6, a SW tem origem genética e causa um desenvolvimento neuronal e cognitivo anormal, que resulta em comprometimento intelectual. As pessoas acometidas de SW, não obstante o comprometimento mental geral, revelam-se particularmente musicais e são também particularmente sociáveis.

É contrastante a condição das pessoas acometidas de TEA, muitas das quais sofrem de comprometimento intelectual. Ainda é motivo de controvérsia se os TEA têm origem genética ou não. Uma de suas características é a incapacidade de empatia com os outros, de entender emoções ou a comunicação emocional. Elas certamente podem ter raiva e se perturbar, pois não são robôs, mas sua capacidade de "ler" as emoções alheias é consideravelmente comprometida, o que, muito caracteristicamente, se estende à total incapacidade de apreciar as qualidades estéticas da arte e da música. Embora algumas pessoas acometidas de TEA façam música, tendo em certos casos alcançado alto nível de proficiência técnica, o fato é que não relatam terem sido emocionalmente tocadas pelas canções. Pelo contrário, os indícios preliminares, em grande medida anedóticos, indicam que se sentem atraídas pela *estrutura* da música. Temple Grandin, uma professora autista, escreveu que acha a música "bonita", mas "não entende" por que as pessoas reagem a ela da maneira como o fazem.

Nos casos da SW e dos TEA, temos duas síndromes complementares. De um lado, temos uma população altamente sociável, gregária e musical; do outro, um grupo altamente antissocial e não muito musical. A ligação putativa entre música e vinculação social é reforçada por casos complementares como esses, a que os neurocientistas dão o nome de dupla dissociação. A tese é a de que pode haver um agrupamento de genes que

influencia ao mesmo tempo a extroversão e a musicalidade. Se isso fosse verdade, caberia esperar que os desvios em uma das habilidades fossem concomitantes com aqueles em outra, como acontece na SW e nos TEA.

Como se poderia esperar, pessoas com SW e TEA também revelam comprometimentos cerebrais complementares. Allan Reiss mostrou que o neocerebelo, a parte mais recente do cerebelo, é maior que o normal nos casos de SW e menor nos de TEA. Como já sabemos do importante papel desempenhado pelo cerebelo na cognição musical, não chega a ser uma surpresa. Alguma anormalidade genética ainda não identificada aparentemente causa, direta ou indiretamente, a dismorfologia neural verificada na SW e também, presumimos, nos TEA. Isso, por sua vez, leva a um desenvolvimento anormal dos comportamentos musicais, reforçados num caso e diminuídos no outro.

Em virtude da natureza complexa e interativa dos genes, é certo que existem outras conexões genéticas da sociabilidade e da musicalidade que vão além do cerebelo. A geneticista Julie Korenberg especulou que existe um aglomerado de genes relacionados à extroversão em oposição à inibição, e que as pessoas acometidas de SW carecem de alguns dos genes normais de inibição, o que faz com que seus comportamentos musicais sejam mais desinibidos; há mais de uma década, temos visto relatos anedóticos — no programa *60 Minutes*, da CBS News, num filme sobre a síndrome de Williams narrado por Oliver Sacks e numa série de artigos de jornal — de que as pessoas acometidas de SW se envolvem mais com a música e se impregnam mais dela que a maioria. Indícios neurais dessa tese foram encontrados em meu próprio laboratório. Escaneamos o cérebro de indivíduos com SW enquanto ouviam música e constatamos que usavam um conjunto muito maior de estruturas neurais que o restante das pessoas. A ativação das amígdalas e do cerebelo — os centros emocionais do cérebro — era significativamente mais forte que nas pessoas "normais". Em todos os casos, constatamos ativação neural mais forte e disseminada. Como se o cérebro dessas pessoas estivesse zumbindo.

*

O terceiro argumento em favor da primazia da música na evolução humana (e proto-humana) é o de que promovia o desenvolvimento cognitivo. A música pode ser *a* atividade que preparou nossos antepassados pré-humanos para a comunicação, por meio da fala, e para a flexibilidade eminentemente representativa e cognitiva necessária para que nos tornássemos humanos. As atividades instrumentais e ligadas ao canto podem ter ajudado nossa espécie a aprimorar as habilidades motoras, abrindo caminho para o desenvolvimento do controle muscular de requintada precisão, necessário para a fala vocal ou gestual. Como a música é uma atividade complexa, Trehub considera que pode ajudar a preparar o bebê em crescimento para a vida mental futura. Ela tem muitas das características da fala, podendo constituir uma forma de "praticar" a percepção da fala num contexto diferente. Nenhum ser humano jamais aprendeu a linguagem por memorização. Os bebês não memorizam pura e simplesmente cada palavra e sentença que ouvem; o que fazem é aprender regras e aplicá-las na percepção e geração de novas manifestações da fala. Uma das provas de que dispomos nesse sentido é empírica; a outra, lógica. A prova empírica vem do que os linguistas chamam de sobre-extensão: as crianças em processo de aprendizado das regras da linguagem frequentemente as aplicam de maneira lógica, mas incorreta. É o que podemos constatar claramente no caso das conjugações de verbos irregulares e nos plurais irregulares da língua inglesa. O cérebro em desenvolvimento é preparado para estabelecer novas conexões neurais e podar aquelas que já não são úteis ou precisas, e sua missão consiste em corroborar as regras na medida do possível. Por isso ouvimos crianças pequenas dizerem "*He goed to the store*" em vez de "*He went to the store*". Elas estão aplicando uma regra lógica: a maioria dos verbos ingleses conjugados no passado termina em *-ed*: *play/played, talk/talked, touch/touched*. A aplicação razoável da regra pode levar a sobre-extensões como *buyed, swimmed* e *eated*. Na verdade, crianças inteligentes têm maior probabilidade de cometer esses erros e de cometê-los mais cedo no seu desenvolvimento, pois dispõem de um sistema de geração de regras mais sofisticado. Como esses erros da fala são cometidos por muitas e muitas crianças e por poucos adultos, temos aí uma

indicação de que elas não estão simplesmente imitando o que ouvem, mas de que seu cérebro está desenvolvendo teorias e regras sobre a fala, que então passam a aplicar.

A segunda indicação de que as crianças não memorizam simplesmente a linguagem é de natureza lógica: todos nós dizemos frases que nunca ouvimos antes. Podemos formar uma quantidade infinita de sentenças inéditas para expressar pensamentos e ideias — ou seja, a linguagem é generativa. As crianças precisam aprender as regras gramaticais para gerar sentenças próprias e se tornarem falantes competentes da sua língua. Um exemplo trivial do fato de o número de sentenças da linguagem humana ser infinito é que, ao ouvir qualquer sentença, sempre posso acrescentar "Não creio" no seu início, produzindo uma nova sentença. "Eu gosto de cerveja" transforma-se em "Não creio que eu goste de cerveja". "Maria disse que gosta de cerveja" transforma-se em "Não creio que Maria tenha dito que gosta de cerveja". Até mesmo "Não creio que Maria tenha dito que gosta de cerveja" pode transformar-se em "Não creio que eu não creia que Maria tenha dito que gosta de cerveja". Embora seja uma sentença um pouco estranha, não deixa de estar expressando uma nova ideia. Para que a linguagem seja generativa, as crianças não podem aprender mecanicamente. A música também é generativa. A cada frase musical que ouço, sempre posso adicionar uma nota no início, no fim ou no meio para gerar outra.

Cosmides e Tooby sustentam que a função da música no desenvolvimento da criança é ajudar a preparar a mente para complexas atividades cognitivas e sociais, exercitando o cérebro e deixando-o preparado para as exigências a que terá de atender nos terrenos da linguagem e da interação social. O fato de a música carecer de referentes específicos a torna um sistema simbólico seguro para a expressão de sentimentos e estados de ânimo de uma forma que não seja agressiva. O processamento musical ajuda crianças pequenas a prepararem-se para a linguagem; pode abrir caminho para a prosódia linguística, antes mesmo que o cérebro em desenvolvimento esteja pronto para processar elementos fonéticos. Nessa fase, a música é uma forma de jogo, um exercício que invoca processos integrativos de mais alto nível que fomentam a competência

exploratória, preparando a criança para explorar o desenvolvimento da linguagem generativa por meio dos balbucios e, em última análise, de produções linguísticas e paralinguísticas mais complexas.

As interações entre a mãe e o bebê envolvendo música quase sempre levam ao canto e a movimentos rítmicos, como os de ninar e acariciar. Esta parece ser uma realidade culturalmente universal. Nos primeiros seis meses de vida, aproximadamente, como demonstrei no capítulo 7, o cérebro do bebê não é capaz de distinguir com clareza a origem das informações sensórias; a visão, a audição e o tato confundem-se numa representação perceptiva unitária. As regiões que virão a constituir o córtex auditivo, o córtex sensório e o córtex visual são funcionalmente indiferenciadas, e as entradas provenientes dos vários receptores sensórios podem ligar-se a muitas partes diferentes do cérebro, em função de podas que ocorrerão mais tarde na vida. Como observou Simon Baron-Cohen, com todos esses entrecruzamentos sensórios, o bebê vive em estado de total esplendor psicodélico (sem a ajuda de drogas).

Cross reconhece explicitamente que aquilo no que a música se transformou hoje, com a influência do tempo e da cultura, não é necessariamente o que era há cinquenta mil anos, nem deveríamos esperar que assim fosse. Mas a análise do caráter da música antiga não explica o fato de tantos de nós sermos literalmente movidos pelo ritmo; segundo quase todos os relatos, a música de nossos antepassados distantes tinha um caráter acentuadamente rítmico. O ritmo incita nosso corpo. A tonalidade e a melodia incitam nosso cérebro. A convergência do ritmo com a melodia lança uma ponte entre o cerebelo (o pequeno cérebro primitivo, responsável pelo controle motor) e o córtex cerebral (a parte mais desenvolvida e humana do nosso cérebro). É assim que o "Bolero" de Ravel, "Koko", de Charlie Parker, e "Honky Tonk Women", dos Rolling Stones, nos inspiram e comovem, tanto metaforicamente quanto fisicamente, formando requintadas uniões de tempo e espaço melódico. É por isso que o rock, o heavy-metal e o hip-hop são os gêneros musicais mais populares do mundo, e isso há pelo menos vinte anos. Mitch Miller, o principal caçador de talentos da Columbia Records, no início da década de 1960 fez uma declaração que ficaria famosa, segundo a qual o

rock'n'roll era uma moda que passaria rapidamente. Hoje não há qualquer indicação de que ele esteja para perder a força. A música clássica, tal como se afigura para a maioria de nós — digamos, de 1575 a 1950, de Monteverdi a Bach e até Stravinsky, Rachmaninov e assim por diante —, já não é composta. Nos conservatórios de música, os compositores contemporâneos não estão criando esse tipo de música habitualmente, mas produzindo o que muitos costumam chamar de música artística do século XX (já agora do século XXI). Assim é que temos Philip Glass, John Cage e outros compositores mais recentes e menos conhecidos, cuja música raramente é tocada por nossas orquestras sinfônicas. Quando Copland e Bernstein estavam em atividade, as orquestras tocavam suas obras e o público apreciava. Essa situação parece cada vez menos frequente nos últimos quarenta anos. A música "clássica" contemporânea é praticada sobretudo em universidades; quase não é ouvida por ninguém; desconstrói a harmonia, a melodia e o ritmo, tornando-os praticamente irreconhecíveis; é um exercício puramente intelectual, e, à parte uma ou outra companhia de balé de vanguarda, ninguém tampouco a dança.

Um quarto argumento em favor da música como uma forma de adaptação provém de outra espécie. Se pudermos comprovar que outras espécies usam a música com finalidades semelhantes, teremos aí um forte argumento evolutivo. É particularmente importante, contudo, não antropomorfizar os comportamentos animais, interpretando-os exclusivamente de nossa perspectiva cultural. Algo que soe para nós como música ou uma canção pode perfeitamente estar desempenhando, nos animais, uma função muito diferente da que desempenha para nós. Quando vemos um cão rolando no gramado, com aquele aparente sorriso canino no focinho, pensamos: "Spike deve estar realmente muito feliz." Estamos interpretando seu comportamento, ao rolar na grama, em termos do que sabemos sobre nossa própria espécie, sem parar para pensar que pode significar algo diferente para Spike e sua espécie. As crianças humanas rolam na grama, rodopiam e dão cambalhotas quando estão felizes. Os cães machos rolam na grama quando sentem ali algum cheiro particularmente picante, de preferência de algum animal morto recentemente, e cobrem o próprio pelo com ele para fazer outros cães pensarem que são

exímios caçadores. Da mesma forma, os cantos de pássaros que nos parecem alegres não comportam necessariamente essa intenção da parte do pássaro nem serão necessariamente assim interpretados por outros pássaros.

E, no entanto, dentre todas as vozes de outras espécies, o canto dos pássaros ocupa um lugar especial quando se trata de surpreender e intrigar. Quem de nós nunca ficou ouvindo o canto de um pássaro numa manhã de primavera, seduzido por sua beleza, melodia e estrutura? Aristóteles e Mozart estavam entre os que o fizeram; consideravam o canto dos pássaros tão musical quanto as composições humanas. Mas por que compomos e tocamos música? Seriam nossas motivações diferentes daquelas dos animais?

Os pássaros, as baleias, os gibões, os sapos e outras espécies usam as vocalizações com uma série de finalidades. Os chimpanzés e as marmotas norte-americanas têm chamados de alerta para avisar seus iguais sobre a aproximação de um predador, sendo cada chamado específico para determinado predador. O chimpanzé usa uma vocalização para alertar sobre a aproximação da águia (induzindo os outros primatas a se esconder) e outra para avisar da incursão de uma cobra (levando os amigos a subir numa árvore). Os pássaros machos usam suas vocalizações para marcar território; os pintarroxos e os corvos reservam determinado chamado para alertar sobre a aproximação de predadores como cães e gatos.

Outras vocalizações de animais estão mais nitidamente relacionadas à corte. Nos cantos de pássaros, geralmente é o macho que canta, e, em certas espécies, quanto maior o repertório, maior a probabilidade de atrair uma companheira. Sim, para uma fêmea da espécie canora, tamanho é documento: indica preparo intelectual do macho e, por extensão, uma possível fonte de genes de boa qualidade. Isso ficou demonstrado num estudo em que diferentes cantos eram transmitidos por alto-falantes para fêmeas, que ovulavam mais rapidamente na presença de um grande repertório. Certos pássaros canoros emitem seus cantos de corte até cair mortos de exaustão. Os linguistas assinalam a natureza generativa da música humana, nossa capacidade de criar novas canções com os mesmos componentes, de maneira quase ilimitada. Mas tampouco se trata de um traço exclusivamente humano. Várias espécies de pássaros geram

seus cantos segundo um repertório de sons básicos, criando novas melodias e variações, e o macho que emite os cantos mais elaborados em geral é o mais bem-sucedido no acasalamento. Desse modo, a função da música na seleção musical tem analogia em outras espécies.

As origens evolutivas da música estão estabelecidas porque ela está presente em todos os seres humanos (atendendo, assim, ao critério de disseminação numa espécie adotado pelos biólogos); envolve estruturas cerebrais especializadas, entre elas sistemas mnemônicos específicos que podem continuar funcionando quando outros falham (quando um sistema cerebral físico se desenvolve em todos os seres humanos, presumimos que ele tem uma base evolutiva); e é análoga ao fazer musical em outras espécies. Em condições ideais, as sequências rítmicas estimulam redes neurais recorrentes no cérebro dos mamíferos, entre elas circuitos de feedback entre o córtex motor, o cerebelo e as regiões frontais. Os sistemas tonais, as transições entre alturas e os acordes desenvolvem-se segundo certas propriedades do sistema auditivo que, por sua vez, são produtos do mundo físico, da natureza intrínseca dos objetos vibrantes. Nosso sistema auditivo desenvolve-se de formas que jogam com a relação entre as escalas e as séries harmônicas. Em música, a novidade atrai a atenção e neutraliza o tédio, aumentando a memorabilidade.

A teoria da seleção natural exposta por Darwin foi revolucionada pela descoberta do gene, mais especificamente pela descoberta da estrutura do DNA feita por Watson e Crick. Talvez estejamos presenciando uma outra revolução no aspecto da evolução que depende do comportamento social, da cultura.

Uma das mais comentadas descobertas da neurociência nos últimos vinte anos sem dúvida foi a dos neurônios-espelho no cérebro dos primatas. Giacomo Rizzolatti, Leonardo Fogassi e Vittorio Gallese estudavam nos macacos os mecanismos cerebrais responsáveis por movimentos como os de alcançar e agarrar. Observavam a emissão de um único neurônio no cérebro do macaco no momento em que esticava o braço para pegar comida. Em dado momento, Fogassi foi apanhar uma banana, e o neurônio do macaco — um neurônio que já havia sido associado

ao movimento — começou a disparar. "Como podia estar acontecendo aquilo, se o macaco não se mexera?", pensou Rizzolatti. "Inicialmente, achamos que podia ser alguma falha na nossa medição ou talvez no equipamento, mas estava tudo certo e a reação se repetiu quando repetimos o movimento." Dez anos de investigações permitiram estabelecer, desde então, que os primatas, certos pássaros e os seres humanos têm neurônios-espelho, que disparam quando se pratica um ato ou quando se observa alguém mais praticá-lo.

Cabe presumir que o objetivo dos neurônios-espelho seja treinar e preparar o organismo para fazer movimentos que ainda não fez. Encontramos neurônios-espelho na área de Broca, uma parte do cérebro intimamente envolvida na fala e em seu aprendizado. Os neurônios-espelho podem explicar um velho mistério: como os bebês aprendem a imitar as expressões faciais dos pais? Eles também podem explicar por que o ritmo musical mexe conosco, seja emocional ou fisicamente. Ainda não temos provas concretas, mas alguns neurocientistas especulam que nossos neurônios-espelho podem ser disparados quando vemos ou ouvimos músicos tocando, enquanto o nosso cérebro tenta imaginar como os sons estão sendo criados e se prepara para espelhá-los ou mandá-los de volta como parte de um sistema de sinalização. Muitos músicos são capazes de repetir um trecho musical em seus instrumentos depois de ouvi-lo apenas uma vez. Os neurônios-espelho provavelmente estão envolvidos nessa capacidade.

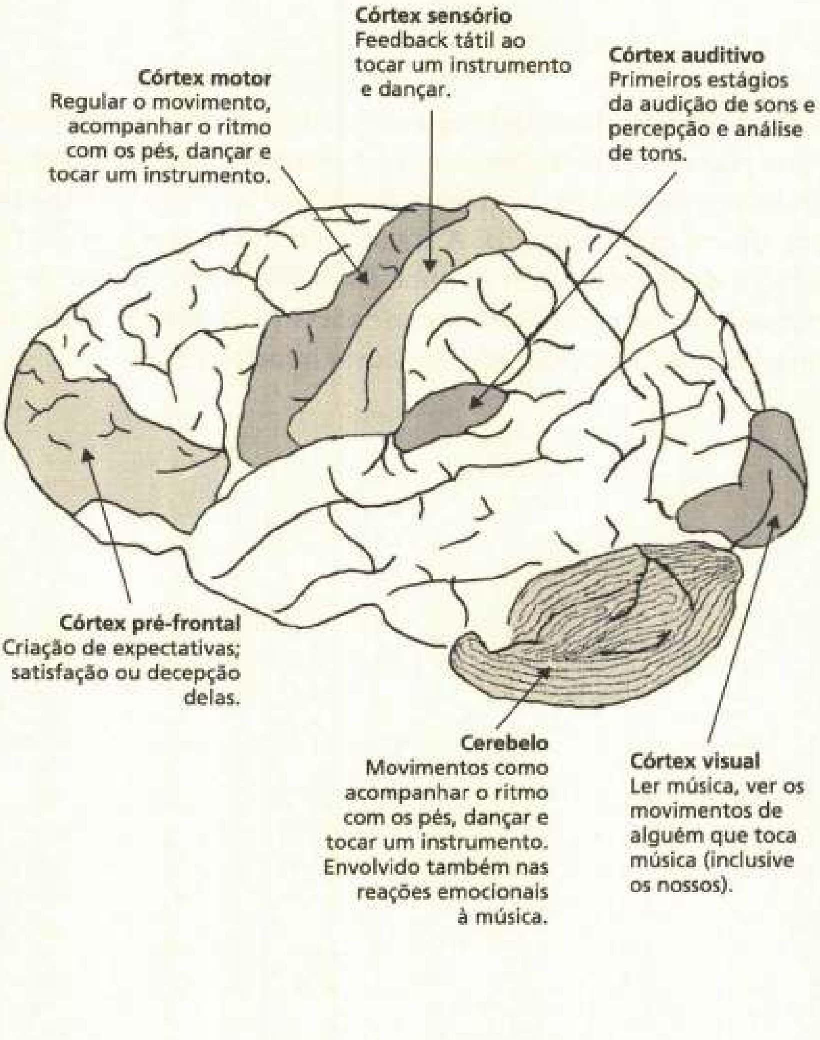
São os genes que transmitem as fórmulas proteicas entre os indivíduos e entre as gerações. Talvez os neurônios-espelho, já agora com a ajuda da notação musical, dos CDs e dos iPods, venham a se revelar mensageiros fundamentais da música, possibilitando esse tipo especial de evolução — a evolução cultural — em que se desenvolvem nossas crenças, obsessões e expressão artística.

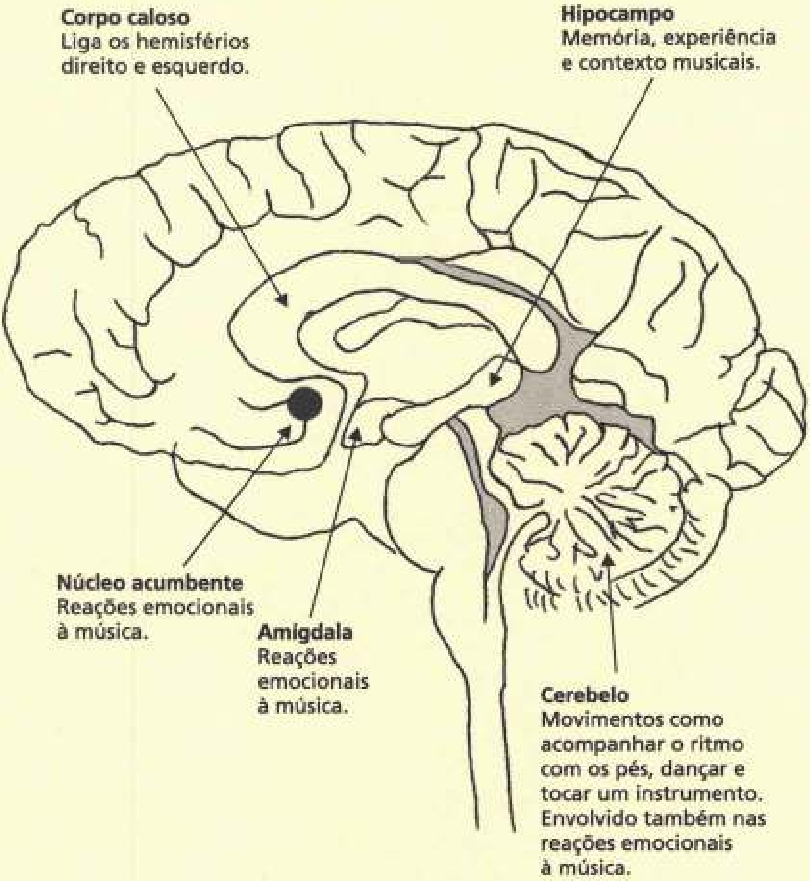
Para muitas espécies solitárias, a capacidade de ritualizar certos aspectos da adequação no ato de cortejar faz sentido, pois dois indivíduos que poderiam formar um par talvez só se vejam por alguns poucos minutos. Em sociedades de alto índice de socialização como as nossas, contudo, qual a necessidade de demonstrar adequação por um meio tão

estilizado e simbólico quanto a dança e o canto? Os seres humanos vivem em grupos sociais e têm amplas oportunidades de observar uns aos outros em muitas situações diferentes e por longos períodos. Por que a música seria necessária para demonstrar adequação? Os primatas são altamente sociáveis, vivendo em grupos, formando complexos relacionamentos de longo prazo que envolvem estratégias sociais. Entre os hominídeos, a corte provavelmente era muito demorada. A música, especialmente uma música memorável, começava a se insinuar na mente de uma possível parceira, levando-a a pensar no pretendente mesmo quando ele estava ausente, numa longa caçada, e predispondo-a favoravelmente a ele quando retornasse. Os múltiplos recursos de reforço de uma boa canção — ritmo, melodia, contorno — fazem com que a música fique na nossa cabeça. Por isto muitos antigos mitos, épicos e até o Velho Testamento foram musicados, para preparar o momento em que seriam transmitidos pela tradição oral através das gerações. Como ferramenta de ativação de pensamentos específicos, a música não é tão boa quanto a linguagem. Como instrumento de indução de sentimentos e emoções, ela é mais eficaz. A combinação das duas — exemplificada idealmente numa canção de amor — é o que pode haver de melhor no ato de cortejar.

APÊNDICE A A música no seu cérebro

O processamento musical distribui-se por todo o cérebro. As ilustrações das duas páginas seguintes mostram os principais centros de computação da música no cérebro. A primeira ilustração é uma visão lateral onde a parte frontal está à esquerda. A segunda ilustração mostra o interior do cérebro do mesmo ponto de vista. Essas ilustrações baseiam-se nas que foram publicadas por Mark Tramo na revista *Science*, em 2001, mas foram reconfiguradas, incorporando novas informações.


Córtex sensório
Feedback tátil ao tocar um instrumento e dançar.
Córtex auditivo
Primeiros estágios da audição de sons e percepção e análise de tons.
Córtex motor
Regular o movimento, acompanhar o ritmo com os pés, dançar e tocar um instrumento.
Córtex pré-frontal
Criação de expectativas; satisfação ou decepção delas.
Cerebelo
Movimentos como acompanhar o ritmo com os pés, dançar e tocar um instrumento. Envolvido também nas reações emocionais à música.
Córtex visual
Ler música, ver os movimentos de alguém que toca música (inclusive os nossos).


Corpo caloso
Liga os hemisférios direito e esquerdo.
Hipocampo
Memória, experiência e contexto musicais.
Núcleo acumbente
Reações emocionais à música.
Amígdala
Reações emocionais à música.
Cerebelo
Movimentos como acompanhar o ritmo com os pés, dançar e tocar um instrumento. Envolvido também nas reações emocionais à música.

APÊNDICE B

Acordes e harmonia

Na tonalidade de dó, os únicos acordes permitidos são os constituídos por notas da escala de dó maior, o que faz com que certos acordes sejam de tonalidade maior e outros, de tonalidade menor, em virtude do espaço desigual entre os tons da escala. Para tocar o acorde-padrão de três notas — uma tríade —, começamos por qualquer dos tons da escala de dó maior, pulamos um e usamos o seguinte, pulando mais um e voltando a usar o seguinte. O primeiro acorde em dó maior, portanto, é constituído das notas dó-mi-sol, e, como o primeiro intervalo formado, entre o dó e o mi, é uma terça maior, dizemos que é um acorde maior — mais especificamente, um acorde de dó maior. O acorde seguinte formado da mesma maneira é constituído de ré-fá-lá. Como o intervalo entre o ré e o fá é uma terça menor, ele é chamado de acorde de ré menor. Devemos ter em mente que os acordes e tonalidades maiores e menores produzem um som muito diferente. Embora a maioria das pessoas sem formação musical não seja capaz de identificar um acorde pelo nome ao ouvi-lo, nem de dizer se é maior ou menor, notará a diferença se ouvir um logo depois do outro. E o cérebro dessas pessoas certamente saberá a diferença: ficou demonstrado em alguns estudos que as pessoas sem formação musical geram diferentes reações fisiológicas conforme ouçam acordes e tonalidades maiores ou menores.

Na escala maior, tomando-se os acordes de tríade formados da maneira tradicional anteriormente descrita, três são maiores (no primeiro, no quarto e no quinto graus da escala), três são menores (no segundo, no terceiro e no sexto graus) e um é chamado acorde de quinta diminuta (no sétimo grau da escala), sendo formado por dois intervalos de terça

menor. Dizemos que estamos na tonalidade de dó maior, apesar da presença de três acordes menores, porque o acorde de tônica — aquele para o qual a música está voltada, o que nos dá a sensação de "estar em casa" — é o de dó maior.

De modo geral, os compositores se valem dos acordes para criar um clima. Sua utilização e a maneira como são combinados chama-se harmonia. Outro emprego da palavra *harmonia*, talvez mais conhecido, serve para indicar quando dois ou mais cantores ou instrumentistas cantam ou tocam juntos, mas não as mesmas notas; conceitualmente, contudo, trata-se da mesma ideia. Certas sequências de acordes são mais usadas que outras, podendo ser características de um determinado gênero. O blues, por exemplo, caracteriza-se por uma sucessão própria de acordes: um acorde maior no primeiro grau da escala (escrito I maior), seguido de um acorde maior no quarto grau da escala (escrito IV maior), seguido por I maior novamente, e depois V maior, ou, alternativamente, IV maior, e de volta a I maior. É a progressão habitual do blues, encontrada em canções como "Crossroads" (Robert Johnson, mais tarde retomada por Cream), "Sweet Sixteen", de B. B. King, e "I Hear You Knockin'" (nas gravações de Smiley Lewis, Big Toe Turner, Screamin' Jay Hawkins e Dave Edmunds). A progressão do blues — seja literal ou com algumas variações — é a base da música de rock'n'roll, sendo encontrada em milhares de canções, como "Tutti Frutti", de Little Richard, "Rock and Roll Music", de Chuck Berry, "Kansas City", de Wilbert Marrison, "Rock and Roll", do Led Zeppelin, "Jet Airliner", da Steve Miller Band (surpreendentemente semelhante a "Crossroads") e "Get Back", dos Beatles. Músicos de jazz, como Miles Davis, e do rock progressivo, como Steely Dan, compuseram dezenas de canções inspiradas nessa progressão, entrando com sua criatividade para substituir os três acordes-padrão por outros mais exóticos; mas, ainda assim são progressões típicas do blues, mesmo quando adornadas em acordes mais imaginosos.

A música de bebop usava e abusava de uma progressão específica originalmente composta por George Gershwin, na canção "I've Got Rhythm". Na tonalidade de dó maior, os acordes básicos seriam:

Dó maior – lá menor – ré menor – sol 7 – dó maior – lá menor – ré menor – sol 7
Dó maior – dó 7 – fá maior – fá menor – dó maior – dó 7 – dó maior
Dó maior – lá menor – ré menor – sol 7 – dó maior – lá menor – ré menor – sol 7
Dó maior – dó 7 – fá – fá menor – dó maior – sol 7 – dó maior

O 7 ao lado de uma nota indica um tetracorde — um acorde de quatro notas — que é simplesmente um acorde maior com o acréscimo de uma quarta nota no alto; a nota do alto representa um intervalo de uma terça menor acima da terceira nota do acorde. O acorde sol 7 é chamado de "sol sete" ou "sol de sétima dominante". Quando passamos a usar tetracordes em vez de tríades, enriquecemos muito as possibilidades de variação tonal. O rock e o blues tendem a usar apenas a sétima dominante, mas existem dois outros tipos de acordes de "sétima" habitualmente usados, cada um com seu toque emocional próprio. "Tin Man" e "Sisten Golden Hair", do grupo America, usam o acorde de sétima maior para obter uma sonoridade muito própria (uma tríade maior com uma terça maior em cima, no lugar da terça menor do acorde que estamos identificando como de sétima dominante); "The Thrill Is Gone", de B. B. King, usa acordes de sétima menor o tempo todo (uma tríade menor com uma terça menor em cima).

O acorde de sétima dominante ocorre naturalmente — ou seja, diatonicamente — quando começa no quinto grau da escala maior. Assim, na tonalidade de dó, sol 7 pode ser alcançado tocando-se todas as notas brancas. A sétima dominante contém aquele intervalo que chegou a ser anátema, o trítono, sendo o único acorde de tonalidade em que isso ocorre. Do ponto de vista harmônico, o trítono é o intervalo mais instável da música ocidental, trazendo, portanto, uma carga perceptiva muito forte de busca da resolução. Como o acorde de sétima dominante também contém o tom mais instável da escala — o sétimo grau (o si, na tonalidade de dó) —, o acorde "quer" resolver-se novamente em dó, a tônica ou nota fundamental. Por isso o acorde de sétima dominante sobre o quinto grau da escala maior — o acorde V7, ou sol 7 na tonalidade de dó — é o mais típico e padronizado, verdadeiro clichê, imediatamente antes de uma composição concluir na tônica. Em outras palavras, na

combinação de sol 7 com dó maior (ou seus equivalentes em outras tonalidades) ouvimos o acorde mais instável seguido do mais estável; temos, assim, a mais forte sensação de tensão e resolução possível. No fim de certas sinfonias de Beethoven, quando a conclusão parece se prolongar indefinidamente, o que o maestro está fazendo é nos dar essa progressão de dois acordes repetidas vezes, até que a peça finalmente se resolva na tônica.

Notas bibliográficas

Relaciono a seguir alguns dos muitos artigos e livros que consultei. A lista está longe de ser exaustiva, mas reúne as fontes adicionais mais relevantes para as questões levantadas neste livro, que não foi escrito para especialistas nem para meus colegas, de modo que tentei simplificar as questões sem cair no simplismo. Uma visão mais completa e detalhada da relação entre a música e o cérebro pode ser encontrada nessas fontes, assim como nas que nelas são relacionadas. Alguns dos trabalhos aqui mencionados foram escritos para pesquisadores especializados. Vali-me de um asterisco (*) para assinalar os textos mais técnicos. Em sua maioria, os títulos assinalados constituem fontes primárias, e alguns deles são manuais de pós-graduação.

Introdução

CHURCHLAND, P. M. *Matter and Consciousness*. Cambridge: MIT Press, 1986.

No trecho sobre o fato de a curiosidade humana ter resolvido muitos dos maiores mistérios científicos, vali-me generosamente da introdução a essa excelente e estimulante obra sobre a filosofia da mente.

*COSMIDES, L. & TOOBY, J. "Evolutionary psychology and the generation of culture, Part I. Case study: A computational theory of social exchange". *Ethology and Sociobiology*, 1989, vol. 10, p. 51-97.

Excelente introdução ao campo da psicologia evolutiva, escrita por dois eminentes estudiosos.

*DEANER, R.O. & NUNN, C. L. "How quickly do brains catch up with bodies? A comparative method for detecting evolutionary lag". *Proceedings of Biological Sciences*, 1999, vol. 2 nº 1420, p. 687-694.

Recente trabalho de erudição sobre a questão da defasagem evolutiva, a ideia de que nosso corpo e nossa mente estão hoje capacitados a enfrentar o mundo e as condições de vida tal como estavam há cinquenta mil anos, em consequência do tempo necessário para que as adaptações sejam codificadas no genoma humano.

LEVITIN, D. J. "Paul Simon: The Grammy Interview". *Grammy*, setembro de 2001, p. 42-46.

Fonte da citação de Paul Simon sobre ouvir os sons.

*MILLER, G. F. "Evolution of human music through sexual selection". In *The Origins of Music*, editado por N. L. Wallin, B. Merker e S. Brown. Cambridge: MIT Press, 2000.

Escrito por outro líder no campo da psicologia evolutiva, este artigo discute muitas das ideias tratadas no capítulo 9, brevemente mencionadas no capítulo 1.

PARELES, J. & ROMANOWSKI, P. (eds.) *The Rolling Stone Encyclopedia of Rock & Roll*. Nova York: Summit Books, 1983.

Adam and the Ants merecem vinte centímetros de texto e uma foto nesta edição, e o U2 — já então bem conhecido, com três álbuns e o sucesso "New Year's Day" —, apenas dez centímetros, sem foto.

*PRIBRAM, K. H. "Mind, brain, and consciousness: the organization of competence and conduct". In *The Psychobiology of Consciousness*, editado por J. M. Davidson e R. J. Davidson. Nova York: Plenum, 1980.

*——. "Brain mechanism in music: prolegomena for a theory of the meaning of meaning". In *Music, Mind, and Brain*, editado por M. Clynes. Nova York: Plenum, 1982.

Pribram deu o curso com base numa coletânea de artigos e notas que havia compilado. Foram estas duas das dissertações que lemos.

SAPOLSKY, R. M. *Why Zebras Don't Get Ulcers*. Nova York: Henry Holt and Company, 3ª ed., 1998.

Excelente leitura divertida sobre a ciência do estresse e os motivos pelos quais os seres humanos sofrem dele; a ideia de "defasagem evolutiva", que abordo mais profundamente no capítulo 9, é bastante tratada nesse livro.

*SHEPARD, R. N. "Toward a Universal Law of Generalization for psychological science". *Science*, 1987, vol. 237, nº 4820, p.1317-1323.

*——. "The perceptual organization of colors: an adaptation to regularities of the terrestrial world?" In *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*, editado por J. H. Barkow, L. Cosmides e J. Tooby. Nova York: Oxford University Press, 1992.

*——. "Mental universals: Toward a twenty-first century science of mind". In *The Science of the Mind: 2001 and Beyond*, editado por R. L. Solso e D. W. Massaro. Nova York: Oxford University Press, 1995.

Três monografias em que Shepard discute a evolução da mente.

TOOBY, J. & COSMIDES, L. "Toward mapping the evolved functional organization of mind and brain". In *Foundations of Cognitive Psychology*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.

Outra monografia desses dois líderes do campo da psicologia evolutiva, talvez a de caráter mais genérico entre as aqui mencionadas.

Capítulo 1

*BALZANO, G. J. "What are musical pitch and timbre?" *In Music Perception*, 1986, vol. 3, nº 3 p. 297-314.

Artigo científico sobre as questões suscitadas nas pesquisas sobre altura e timbre.

BERKELEY, G. *A Treatise Concerning the Principles of Human Knowledge*. Whitefish, MT.: Kessinger Publishing Company, 1734/2004.

A famosa pergunta — se uma árvore cai na floresta e não há ninguém por perto para ouvir, terá ela produzido algum som? — foi feita pela primeira vez pelo teólogo e filósofo George Berkeley, bispo de Cloyne, nessa obra.

*BHARUCHA, J. J. "Neural nets, temporal composites, and tonality". In *Foundations of Cognitive Psychology: Core Readings*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.

Redes neurais de reconhecimento de acordes.

*BOULANGER, R. *The C-Sound Book: Perspectives in Software Synthesis, Sound Design, Signal Processing, and Programming*. Cambridge: MIT Press, 2000.

Introdução ao mais utilizado programa/sistema de software de síntese sonora. O melhor livro que conheço para quem quiser aprender a programar computadores para fazer música e criar timbres próprios.

BURNS, E. M. "Intervals, scales, and tuning". In *Psychology of Music*, editado por D. Deutsch. San Diego: Academic Press, 1999.

Sobre as origens das escalas, as relações entre as notas, a natureza dos intervalos e das escalas.

*CHOWNING, J. "The synthesis of complex audio spectra by means of frequency modulation". *Journal of the Audio Engineering Society*, 1973, vol. 21, p. 526-534.

A síntese da FM, tal como viria a se manifestar nos sintetizadores Yamaha DX, foi descrita pela primeira vez nessa publicação corporativa.

CLAYSON, A. *Edgard Varèse*. Londres: Sanctuary Publishing, 2002.

Fonte da citação "A música é o som organizado".

DENNETT, Daniel C. "Show me the science". *The New York Times*, 28 de agosto de 2005.

Fonte da citação "O calor não é feito de minúsculas coisas quentes".

DOYLE, P. *Echo & Reverb: Fabricating Space in Popular Music Recording, 1900-1960*. Middletown, Connecticut: Wesleyan University Press, 2005.

Apanhado erudito e abrangente sobre o fascínio da indústria do disco pelo espaço e a criação de ambientes artificiais.

DWYER, T. *Composing with Tape Recorders: Musique Concrète*. Nova York: Oxford University Press, 1971.

Contém informações contextualizando a *musique concrète* de Schaeffer, Dhomon, Normandeau e outros.

*GREY, J. M. "An exploration of musical timbre using computer-based techniques for analysis, synthesis, and perceptual scaling". Tese de Ph.D. em Música, Center for Computer Research in Music and Acoustics, Stanford University, 1975.

O mais influente estudo sobre as abordagens modernas do estudo do timbre.

*JANATA, P. "Electrophysiological studies of auditory contexts". Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences and Engineering, University of Oregon, 1997.

Relata experiências demonstrando que o colículo inferior da coruja restabelece o fundamental perdido.

*KRUMHANSL, C. L. *Cognitive Foundations of Musical Pitch*. Nova York: Oxford University Press, 1990.

*——. "Music psychology: Tonal structures in perception and memory". *Annual Review of Psychology*, 1991, vol. 42, p. 277-303.

*——. "Rhythm and pitch in music cognition". *Psychological Bulletin*, 2000, vol. 126, nº 1, p. 159-179.

*——. "Music: A link between cognition and emotion". *Current Directions in Psychological Science*, 2002, vol. 11, nº 2, p. 45-50.

Krumhansl é um dos principais cientistas dedicados à pesquisa sobre percepção e cognição musicais; estes artigos e a monografia expõem os conceitos fundamentais desse campo, especialmente o de hierarquias sonoras, a dimensionalidade da altura e a representação mental da altura.

*KUBOVY, M. "Integral and separable dimensions and the theory of indispensable attributes". In *Perceptual Organization*, editado por M. Kubovy e J. Pomerantz. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1981.

Fonte do conceito de dimensões separáveis em música.

LEVITIN, D. J. "Memory for musical attributes". In *Foundations of Cognitive Psychology: Core Readings*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.

Fonte da relação dos oito atributos perceptivos de um som.

*McADAMS, S., BEAUCHAMP, J. W. & MENEGUZZI, S. "Discrimination of musical instrument sounds resynthesized with simplified spectrotemporal parameters". *Journal of the Acoustical Society of America*, 1999, vol. 105, nº 2, p. 882-897.

McADAMS, S. & BIGAND, E. "Introduction to auditory cognition". In *Thinking in Sound: The Cognitive Psychology of Audition*, editado por S. McAdams e E. Bigand. Oxford: Clarendon Press, 1993.

*McADAMS, S. & CUNIBLE, J. "Perception of timbral analogies". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B, 1992, vol. 336, p. 383-389.

*McADAMS, S., WINSBERG, S., DONNADIEU, S. & DE SOETE, G. "Perceptual scaling of synthesized musical timbres: Common dimensions, specificities, and latent subject classes". *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 1995, vol. 58, nº 3, p. 177-192.

McAdams é o principal pesquisador dedicado ao timbre em todo o mundo, e essas quatro dissertações fornecem um apanhado do que se sabe atualmente a respeito da percepção dos timbres.

NEWTON, I. *Opticks: Or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*. Nova York: Dover, 1730/1952.

Fonte da observação de Newton de que as ondas de luz não são coloridas.

*OXENHAM, A. J., BERNSTEIN, J. G. W. & PENAGOS, H. "Correct tonotopic representation is necessary for complex pitch perception". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2004, vol. 101, p.1421-1425.

Sobre as representações tonotópicas das alturas no sistema auditivo.

PALMER, S. E. *Vision: From Photons to Phenomenology*. Cambridge: MIT Press, 2000.

Excelente introdução à ciência cognitiva e à ciência da visão, em nível de graduação. Transparência total: Palmer e eu somos colaboradores, e há contribuições minhas nesse livro. Fonte dos diferentes atributos dos estímulos visuais.

PIERCE, J. R. *The Science of Musical Sound*, ed. revista. São Francisco: W. H. Freeman, 1992.

Excelente fonte para o leigo que quiser entender a física do som, os harmônicos, as escalas, etc. Transparência total: Pierce, hoje falecido, foi meu professor e amigo.

ROSSING, T. D. *The Science of Sound*, 2ª ed. Reading, MA.: Addison-Wesley Publishing, 1990.

Outra excelente fonte sobre a física do som, os harmônicos, as escalas e assim por diante, adequada para o nível de graduação.

SCHAEFFER, Pierre. *La musique concrète*. Paris: Presses Universitaires de France, 1967.

——. *Traité des objets musicaux*. Paris: Le Seuil, 1968.

Os princípios da *musique concrète* são introduzidos no primeiro livro, e a obra-prima de Schaeffer sobre a teoria do som, no segundo. Infelizmente, não existe tradução inglesa.

SCHMELING, P. *Berklee Music Theory Book 1*. Boston: Berklee Press, 2005.

Aprendi teoria musical no Berklee College, e esse é o primeiro volume da série publicada pela instituição. Adequado para o aprendizado autodidata, abrange todos os elementos básicos.

*SCHROEDER, M. R. Natural sounding artificial reverberation". *Journal of the Audio Engineering Society*, 1962, vol. 10, nº 3, p. 219-233.

O artigo fundamental sobre a criação de reverberação artificial.

SCORSESE, Martin. *No Direction Home*. Los Angeles: Paramount, 2005.
Fonte dos relatos sobre a vaia a Bob Dylan no Newport Folk Festival.

SETHARES, W. A. *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale*. Londres: Springer, 1997.
Uma rigorosa introdução à física da música e dos sons musicais.

*SHAMMA, S. & KLEIN, D. "The case of the missing pitch templates: How harmonic templates emerge in the early auditory system". *Journal of the Acoustical Society of America*, 2000, vol. 107, nº 5, p. 2631-2644.

*SHAMMA, S. A. "Topographic organization is essential for pitch perception". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2004, vol. 101, p. 1114-1115.
Sobre as representações tonotópicas das alturas no sistema auditivo.

*SMITH, J. O. "Physical modeling using digital waveguides". *Computer Music Journal*, 1992, vol. 16, nº 4, p. 74-91.
O artigo que introduziu a síntese de guias de onda.

SURMANI, A., SURMANI, K. F. & MANUS, M. *Essentials of Music Theory: A Complete Self-Study Course for All Musicians*. Van Nuys, Ca.: Alfred Publishing Company, 2004.
Outro excelente manual para o aprendizado autodidata da teoria musical.

TAYLOR, C. *Exploring Music: The Science and Technology of Tones and Tunes*. Bristol: Institute of Physics Publishing, 1992.
Outro excelente texto de nível colegial sobre a física do som.

TREHHUB, S. E. "Musical predispositions in infancy". In *The Cognitive Neuroscience of Music*, editado por I. Perets e R. J. Zatorre. Oxford: Oxford University Press, 2003.

*VÄSTFJÄLL, D., LARSSON, P. & KLEINER, M. "Emotional and auditory virtual environments: Affect-based judgments of music reproduced with virtual reverberation times". *CyberPsychology & Behavior*, 2002, vol. 5, nº 1, p. 19-32.
Artigo recente de erudição sobre o efeito da reverberação nas reações emocionais.

Capítulo 2

*BREGMAN, A. S. *Auditory Scene Analysis*. Cambridge: MIT Press, 1990.
A obra definitiva sobre os princípios gerais do agrupamento auditivo.

CLARKE, E. F. "Rhythm and timing in music". In *The Psychology of Music*, editado por D. Deutsch. San Diego: Academic Press, 1999.
Artigo de nível de graduação sobre a psicologia da percepção temporal na música, fonte da citação de Eric Clarke.

*VON EHRENFELS, C. "On 'Gestalt qualities'". In *Foundations of Gestalt Theory*, editado por B. Smith. Munique: Philosophia Verlag, 1890/1988.
Sobre a fundação da psicologia da Gestalt e o interesse dos psicólogos dessa corrente pela melodia.

ELIAS, L. J. & SAUCIER, D. M. *Neuropsychology: Clinical and Experimental Foundations*. Boston: Pearson, 2006.

Manual de introdução aos conceitos básicos da neuroanatomia e às funções das áreas diferentes do cérebro.

*FISHMAN, Y. I., RESER, D. H., AREZZO, J. C. & STEINSCHNEIDER, M. "Complex tone processing in primary auditory cortex of the awake monkey. 1. Neural ensemble correlates of roughness". *Journal of the Acoustical Society of America*, 2000, vol. 108, p. 235-246.

Os fundamentos fisiológicos da percepção da consonância e da dissonância.

GILMORE, Mikal. "Lennon lives forever: Twenty-five years after his death, his music and message endure". *Rolling Stone*, 15 de dezembro de 2005.

Fonte da citação de John Lennon.

HELMHOLTZ, H. L. F. *On the Sensations of Tone*, 2ª ed. revista, Nova York: Dover 1885/1954.

Inferência inconsciente.

LERDAHL, Fred. *A Generative Theory of Tonal Music*. Cambridge: MIT Press, 1983.

A mais influente exposição dos princípios do agrupamento auditivo em música.

*LEVITIN, D. J. & COOK, P. R. "Memory for musical tempo: Additional evidence that auditory memory is absolute". *Perception and Psychophysics*, 1996, vol. 58, p. 927-935.

Trata-se do artigo mencionado no texto, no qual Cook e eu convidamos os participantes a cantar suas canções de rock favoritas, e eles reproduziram o andamento com grande precisão.

LUCE, R. D. *Sound and Hearing: A Conceptual Introduction*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1993.

Manual sobre o ouvido e a audição, abrangendo a fisiologia do ouvido, volume, percepção de alturas, etc.

*MESULAM, M.-M. *Principles of Behavioral Neurology*. Filadélfia: F. A. Davis Company, 1985.

Manual avançado, de nível de pós-graduação, para introdução aos conceitos básicos da neuroanatomia e às funções das diferentes áreas do cérebro.

MOORE, B. C. J. *An Introduction to the Psychology of Hearing*. 2ª ed. Londres: Academic Press, 1982.

——. *An Introduction to the Psychology of Hearing*. 5ª ed. Amsterdã: Academic Press, 2003.

Manuais sobre o ouvido e a audição, abrangendo a fisiologia do ouvido, volume, percepção de alturas, etc.

PALMER, S. E. "Organizing objects and scenes". In *Foundations of Cognitive Psychology: Core readings*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.

Sobre os princípios do agrupamento visual na Gestalt.

STEVENS, S. S. & WARSHOFSKY, F. *Sound and Hearing*, editado por R. Dubos, H. Margenau, C. P. Snow. *Life* Science Library. Nova York: Time Incorporated, 1965.
Boa introdução aos princípios da audição e da percepção auditiva para o público leigo.

*TRAMO, M. J., CARIANI, P. A., DELGUTTE, B. & BRAIDA, L.D. "Neurobiology of harmony perception". In *The Cognitive Neuroscience of Music*, editado por I. Peretz e R. J. Zatorre. Nova York: Oxford University Press, 2003.
Os fundamentos fisiológicos da percepção da consonância e da dissonância.

YOST, W. A. *Fundamentals of Hearing: An Introduction*. 3ª ed. San Diego: Academic Press Inc., 1994.
Manual sobre audição e percepção de alturas e volume.

ZIMBARDO, P. G. & GERRIG, R. J. "Perception". In *Foundations of Cognitive Psychology*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.
Os princípios do agrupamento na Gestalt.

Capítulo 3

BREGMAN, A. S. *Auditory Scene Analysis*. Cambridge: MIT Press, 1990.
Fluxo pelo timbre e outros princípios do agrupamento auditivo. A analogia aqui estabelecida entre o tímpano e uma fronha estendida sobre um balde toma de empréstimo ideias de uma outra analogia estabelecida por Bregman em seu livro.

*CHOMSKY, N. *Syntactic Structures*. Haia, Holanda: Mouton, 1957.
Sobre o caráter inato da faculdade da linguagem no cérebro humano.

CRICK, F. H. C. *The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul*. Nova York: Touchstone/Simon & Schuster, 1995.
A ideia de que o comportamento humano pode ser explicado pela atividade do cérebro e dos neurônios.

DENNETT, D. C. *Consciousness Explained*. Boston: Little, Brown and Company, 1991.
Sobre as ilusões da experiência consciente e a atualização das informações pelo cérebro.

——. "Can machines think?" In *Foundations of Cognitive Psychology: Core Readings*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.

——. "Where am I?" In *Foundations of Cognitive Psychology: Core Readings*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.
Esses dois artigos abordam questões fundamentais ligadas à concepção do cérebro como um computador e à ideia filosófica do *funcionalismo*; "Can machines think?" também resume o teste de inteligência Turing, suas vantagens e desvantagens.

*FRISTON, K. J. "Models of brain function in neuroimaging". *Annual Review of Psychology*, 2005, vol. 56, p. 57-87.

Panorama técnico dos métodos de pesquisa na análise dos dados de imagem cerebral, escrito por um dos inventores do SPM, sistema estatístico de grande utilização no que diz respeito a dados de fMRI.

GAZZANIGA, M. S., IVRY R. B. & MANGUN, G. 1998. *Cognitive Neuroscience*. Nova York: Norton, 1998.

Divisões funcionais do cérebro; divisões básicas em lobos, principais marcos anatômicos; texto de nível de graduação.

GERTZ, S. D. & TADMOR, R. *Liebman's Neuroanatomy Made Easy and Understandable*. 5ª ed. Gaithersburg, MD.: Aspen, 1996.

Introdução à neuroanatomia e às principais áreas do cérebro.

GREGORY, R. L. *Odd Perceptions*. Londres: Routledge, 1986.

Sobre a percepção como inferência.

*GRIFFITHS, T. D., UPPENKAMP, S., JOHNSRUDE, I., JOSEPHS, O. & PATTERSON, R. D., "Encoding of the temporal regularity of sound in the human brainstem". *Nature Neuroscience*, 2001, vol. 4, nº 6, p. 633-637.

*GRIFFITHS, T. D. & Warren, J. D. "The planum temporale as a computational hub". *Trends in Neuroscience*, 2002, vol. 25, nº 7, p. 348-353.

Trabalho recente sobre o processamento sonoro no cérebro; Griffiths é um dos mais respeitados pesquisadores da atual geração de cientistas voltados para os processos auditivos.

*HICKOK, G., BUCHSBAUM, B., HUMPHRIES, C. & MUFTULER, T. "Auditory-motor interaction revealed by fMRI: Speech, music and working memory in area Spt". *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2003, vol. 15, nº 5, p. 673-682.

Fonte primária sobre ativação musical numa área cerebral da fissura sylviana posterior, na fronteira parietal-temporal.

*JANATA, P., BIRK, J. L., VAN HORN, J. D., LEMAN, M., TILLMANN, B. & BHARUCHA, J. J. "The cortical topography of tonal structures underlying Western music". *Science*, 2002, vol. 298, p. 2167-2170.

*JANATA, P. & GRAFTON, S. T. "Swinging in the brain: Shared neural substrates for behaviors related to sequencing and music". *Nature Neuroscience*, 2003, vol. 6, nº 7, p. 682-687.

*JOHNSRUDE, I. S., PENHUNE, V. B. & ZATORRE, R. J. "Functional specificity in the right human auditory cortex for perceiving pitch direction". *Brain Res Cogn Brain Res*, 2000, vol. 123, p. 155-163.

*KNOSCHE, T. R., NEUHAUS, C., HAUEISEN, J., ALTER, K., MAESS, B., WITTE, O. & FRIEDERICI, A. D. "Perception of phrase structure in music". *Human Brain Mapping*, 2005, vol. 24, nº 4, p. 259-273.

*KOELSCH, S., KASPER, E., SAMMLER, D., SCHULZE, K., GUNTER, T. & FRIEDERICI, A. D. "Music, language and meaning: brain signatures of semantic processing". *Nature Neuroscience*, 2004, vol. 7, nº 3, p. 302-307.

*KOELSCH, S., SCHRÖGER, E. & GUNTER, T. C. "Music matters: Preattentive musicality of the human brain". *Psychophysiology*, 2002, vol. 39, nº 1, p. 38-48.

*KURIKI, S., ISAHAI, N., HASIMOTO, T., TAKEUCHI, F. & HIRATA, Y. "Music and language: Brain activities in processing melody and words." Dissertação apresentada na 12ª Conferência Internacional de Biomagnetismo, 2000.

Fontes primárias sobre a neuroanatomia da percepção e cognição musicais.

LEVITIN, D. J. "High-fidelity music: Imagine listening from inside the guitar". *The New York Times*, 15 de dezembro de 1996.

——. "The modern art of studio recording". *Audio*, setembro de 1996, p. 46-52.

Sobre as técnicas modernas de gravação e as ilusões que criam.

——. "Experimental design in psychological research". In *Foundations of Cognitive Psychology: Core Readings*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.

Sobre o design experimental e o que é uma "boa" experiência.

*LEVITIN, D. J. & MENON, V. "Musical structure is processed in language areas of the brain: A possible role for Brodmann Area 47 in temporal coherence". *NeuroImage*, 2003, vol. 20, nº 4, p. 2142-2152.

O primeiro artigo de pesquisa usando fMRI para demonstrar que, em música, a estrutura e a coerência temporais são processadas na mesma região do cérebro que as linguagens falada e sinalizada.

*McCLELLAND, J. L., RUMELHART, D. E. & HINTON, G. E. "The appeal of parallel distributed processing". In *Foundations of Cognitive Psychology: Core Readings*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.

O cérebro como máquina de processamento paralelo.

PALMER, S. "Visual awareness". In *Foundations of Cognitive Psychology: Core Readings*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.

As bases filosóficas da ciência cognitiva moderna, do dualismo e do materialismo.

*PARSONS, L. M. "Exploring the functional neuroanatomy of music performance, perception e comprehension". In *Biological Foundations of Music*, editado por I. Peretz e R. J. Patorre. Annals of the New York Academy of Sciences, 2001, vol. 930, p. 211-230.

*PATEL, A. D. & BALABAN, E. "Human auditory cortical dynamics during perception of long acoustic sequences: Phase tracking of carrier frequency by the auditory steady-state response". *Cerebral Cortex*, 2004, vol. 14, nº 1, p. 35-46.

*PATEL, A. D. "Language, music, syntax and the brain". *Nature Neuroscience*, 2003, vol. 6, nº 7, p. 674-681.

*PATEL, A. D. & BALABAN, E. "Temporal patterns of human cortical activity reflect tone sequence structure". *Nature*, 2000, vol. 404, p. 80-84.

*PERETZ, I. "Music cognition in the brain of the majority: Autonomy and fractionation of the music recognition system". In *The Handbook of Cognitive Neuropsychology*, editado por B. Rapp. Hove, Reino Unido: Psychology Press, 2000.

*PERETZ, I. "Music perception and recognition". In *The Handbook of Cognitive Neuropsychology*, editado por B. Rapp. Hove, Reino Unido: Psychology Press, 2000.

*PERETZ, I. & COLTHEART, M. "Modularity of music processing". *Nature Neuroscience*, 2003, vol. 6, n ° 7, p. 688-691.

*PERETZ, I. & GAGNON, L. "Dissociation between recognition and emotional judgements for melodies". *Neurocase*, 1999, vol. 5, p. 21-30.

*PERETZ, I. & ZATORRE, R. J. (eds.). *The Cognitive Neuroscience of Music*. Nova York: Oxford, 2003.

Fontes primárias sobre a neuroanatomia da percepção e cognição musicais.

PINKER, S. *How The Mind Works*. Nova York: W. W. Norton, 1997.

Pinker sustenta nesse livro que a música é um acidente da evolução.

*POSNER, M. I. "Orienting of attention". *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1980, vol. 32, p. 3-25.

O Paradigma de Posner.

POSNER, M. I. & LEVITIN, D. J. "Imaging the future". In *The Science of the Mind: The 21st Century*. Cambridge: MIT Press, 1997.

Uma explicação mais completa das restrições minhas e de Posner a uma simples "cartografia mental" por si mesma.

RAMACHANDRAN, V. S. *A Brief Tour of Human Consciousness: From Impostor Poodles to Purple Numbers*. Nova York: Pi Press, 2004.

A consciência e nossas ingênuas intuições a seu respeito.

*ROCK, I. *The Logic of Perception*. Cambridge: MIT Press, 1983.

A percepção como processo lógico e construtivo.

*SCHMAHMANN, J. D. (ed.) *The Cerebellum and Cognition*. San Diego: Academic Press, 1997.

Sobre o papel do cerebelo na regulação emocional.

SEARLE, J. R. "Minds, brains and programs". In *Foundations of Cognitive Psychology: Core Readings*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.

O cérebro como computador; trata-se de um dos mais discutidos, polemizados e citados artigos da moderna filosofia sobre a mente.

*SERGENT, J. "Mapping the musician brain". *Human Brain Mapping*, 1993, vol. 1, p. 20-38.

Um dos primeiros trabalhos de neuroimagística da música no cérebro, ainda hoje muito citado.

SHEPARD, R. N. *Mind Sights: Original Visual illusions, Ambiguities, and Other Anomalies, with a Commentary on the Play of Mind in Perception and Art*. Nova York: W. H. Freeman, 1990.

Fonte da ilusão da "Rotação das Mesas".

*STEINKE, W. R. & CUDDY, L. L. "Dissociations among functional subsystems governing melody recognition after right hemisphere damage". *Cognitive Neuroscience*, 2001, vol. 18, nº 5, p. 411-437.

*TILLMANN, B., JANATA, P. & BHARUCHA, J. J. "Activation of the inferior frontal cortex in musical priming". *Cognitive Brain Research*, 2003, vol. 16, p. 145-161.
Fontes primárias sobre a neuroanatomia da percepção e cognição musicais.

*WARREN, R. M. "Perceptual restoration of missing speech sounds". *Science*, 23 de janeiro de 1970, p. 392-393.
Fonte do exemplo de "preenchimento" auditivo ou completude perceptiva.

WEINBERGER, N. M. "Music and the Brain". *Scientific American*, novembro de 2004, p. 89-95.

*ZATORRE, R. J. & BELIN, P. "Spectral and temporal processing in human auditory cortex". *Cerebral Cortex*, 2001, vol. 11, p. 946-953.

*ZATORRE, R. J., BELIN, P. & PENHUNE, V. "Structure and function of auditory cortex: Music and speech". *Trends in Cognitive Sciences*, 2002, vol. 6, nº 1, p. 37-46.
Fontes primárias sobre a neuroanatomia da percepção e cognição musicais.

Capítulo 4

*BARTLETT, F. C. "Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology". Londres: Cambridge University Press, 1932.
Sobre os esquemas.

*BAVELIER, D., BROZINSKY, C., TOMANN, A., MITCHELL, T., NEVILLE, H. & LIU, G. "Impact of early deafness and early exposure to sign language on the cerebral organization for motion processing". *The Journal of Neuroscience*, 2001, vol. 21, nº 22, p. 8931-8942.

*BAVELIER, D., CORINA, D. P. & NEVILLE, H. J. "Brain and language: A perspective from sign language". *Neuron*, 1998, vol. 21, p. 275-278.
A neuroanatomia da linguagem dos sinais.

*BEVER, T. G. & CHIARELL, R. J. "Cerebral dominance in musicians and non-musicians". *Science*, 1974, vol. 185, nº 4150, p. 537-539.
Estudo essencial sobre a especialização hemisférica em música.

*BHARUCHA, J. J. "Music cognition and perceptual facilitation — a connectionist framework". *Music Perception*, 1987, vol. 5, nº 1, p. 1-30.

*——. "Pitch, harmony and neural nets: A psychological perspective". In *Music and Connectionism*, editado por P. M. Todd e D. G. Loy. Cambridge: MIT Press, 1991.

*BHARUCHA, J. J. & TODD, P. M. "Modeling the perception of tonal structure with neural nets". *Computer Music Journal*, 1989, vol. 13, nº 4, p. 44-53.

*BHARUCHA, J. J. "Tonality and learnability". In *Cognitive Bases of Musical Communication*, editado por M. R. Jones e S. Holleran. Washington, D.C.: American Psychological Association, 1992.

Sobre os esquemas musicais.

*BINDER, J. & *Price*, C. J. "Functional neuroimaging of language". In *Handbook of Functional Neuroimaging of Cognition*, editado por A. Cabeza e A. Kingston. Cambridge, MA:MIT Press, 2001.

*BINDER, J. R., LIEBENTHAL, E., POSSING, T.E., MEDLER, D. A. & WARD, B. D. "Neural correlates of sensory and decision processes in auditory object identification" *Nature Neuroscience*, 2004, vol. 7, nº 3, p. 295-301.

*BOOKHEIMER, S. Y. "Functional MRI of language: New approaches to understanding the cortical organization of semantic processing". *Annual Review of Neuroscience*, 2002, vol. 25, p. 151-188.

Neuroanatomia funcional da fala.

COOK, P. R. "The deceptive cadence as a parlor trick". Princeton, N.J./ Montreal, Quebec, 30 de novembro de 2005.

Comunicado pessoal de Perry Cook, que assim descreveu a cadência interrompida em e-mail enviado a mim.

*COWAN, W. M., SÜDHOF, T. C. & STEVENS, C. F. (eds.) *Synapses*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2001.

Informação aprofundada sobre as sinapses, a fenda sináptica e a transmissão sinática.

*DIBBEN, N. "The perception of structural stability in atonal music: the influence of salience, stability, horizontal motion, pitch commonality e dissonance". *Music Perception*, 1999, vol. 16, nº 3, p. 265-24.

Sobre a música atonal, como a de Schönberg descrita nesse capítulo.

*FRANCERIES, X., DOYON, B., CHAUVEAU, N., RIGAUD, B., CELSIS, P. & MORUCCI, J.-P. "Solution of Poisson's equation in a volume conductor using resistor mesh models: Application to event related potential imaging". *Journal of Applied Physics*, 2003, vol. 93, nº 6, p. 3578-3588.

O problema Poisson invertido de localização com EEG.

FROMKIN, V. & RODMAN, R. *An Introduction to Language*. 5ª ed. Fort Worth, Texas: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, 1993.

Os fundamentos da psicolinguística, dos fonemas e da formação de palavras.

*GAZZANIGA, M. S. *The New Cognitive Neurosciences*. 2ª ed. Cambridge: MIT Press, 2000.

Os fundamentos da neurociência.

GERNSBACHER, M. A. & KASCHAK, M. P. "Neuroimaging studies of language production and comprehension." *Annual Review of Psychology*, 2003, vol. 54, p. 91-114.

Resenha recente de estudos da base neuroanatômica da linguagem.

*HICKOK, G., BUCHSBAUM, B., HUMPHRIES, C. & MUFTULER, T. "Auditory-motor interaction revealed by fMRI: Speech, music and working memory in area Spt." *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2003, vol. 15, nº 5, p. 673-682.

*HICKOK, G. & POEPPEL, D. "Towards a functional neuroanatomy of speech perception". *Trends in Cognitive Sciences*, 2000, vol. 4, nº 4, p. 131-138.

Os fundamentos neuroanatômicos da fala e da música.

HOLLAND, B. "A man who sees what others hear". *The New York Times*, 19 de novembro de 1981.

Artigo sobre Arthur Lintgen, o homem capaz de ler sulcos de gravação, mas apenas quando se trata de música clássica por ele conhecida e posterior a Beethoven.

*HUETTEL, S. A., SONG, A. W. & McCARTHY, G. *Functional Magnetic Resonance Imaging*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc., 2003.

Sobre a teoria por trás do fMRI.

*IVRY, R. B. & ROBERTSON, L. C. *The Two Sides of Perception*. Cambridge: MIT Press, 1997.

Sobre a especialização hemisférica.

*JOHNSRUDE, I. S., PENHUNE, V. B. & ZATORRE, R. J. 2000. "Functional specificity in the right human auditory cortex for perceiving pitch direction". *Brain Res Cogn Brain Res.*, 2000, vol. 123, p. 155-163.

*JOHNSRUDE, I. S., ZATORRE, R. J., MILNER, B. A. & EVANS, A. C. "Left-hemisphere specialization for the processing of acoustic transients". *NeuroReport*, 1997, vol. 8, p. 1761-1765.

A neuroanatomia da fala e da música.

*KANDEL, E. R., SCHWARTZ, J. H. & Jessell, T. M. *Principles of Neural Science*, 4ª ed. Nova York: McGraw-Hill, 2000.

Os elementos básicos da neurociência, escritos em colaboração com Eric Kandel, detentor do Prêmio Nobel. Texto amplamente usado em faculdades de medicina e programas de pós-graduação em neurociência.

*KNOSCHE, T. R., NEUHAUS, C., HAUEISEN, J., KALTER, J., MAESS, B., WITTE, O. & FRIEDERICI, A. D. "Perception of phrase structure in music". *Human Brain Mapping*, 2005, vol. 24, nº 4, p. 259-273.

*KOELSCH, S., GUNTER, T. C., V. CRAMON, D. Y., ZYSSET, S., LOHMANN, G. & FRIEDERICI, A. D. "Bach speaks: A cortical "language-network" serves the processing of music". *NeuroImage*, 2002, vol. 17, p. 956-966.

*KOELSCH, S., KASPER, E., SAMMLER, D., SCHULZE, K., GUNTER, T. & FRIEDERICI, A. D. "Music, language, and meaning: Brain signatures of semantic processing". *Nature Neuroscience*, 2004, vol. 7, nº 3, p. 302-307.

*KOELSCH, S., MAESS, B. & FRIEDERICI, A. D. "Musical syntax is processed in the area of Broca: an MEG study". *NeuroImage*, 2000, vol. 11, nº 5, p. 56.

Artigos sobre a estrutura musical, escritos por Koelsch, Friederici e colegas.

KOSSLYN, S. M. & KOENIG, O. *Wet Mind: The New Cognitive Neuroscience*. Nova York: Free Press, 1992.
Introdução à neurociência para o público leigo.

*KRUMHANSL, C. L. *Cognitive Foundations of Musical Pitch*. Nova York: Oxford University Press, 1990.
Sobre a dimensionalidade das alturas.

*LERDAHL, F. "Atonal prolongational structure". *Contemporary Music Review*, 1989, vol. 3, nº 2.
Sobre a música atonal, como a de Schönberg.

*LEVITIN, D. J. & MENON, V. "Musical structure is processed in 'language' areas of the brain: A possible role for Brodmann Area 47 in temporal coherence". *NeuroImage*, 2003, vol. 20, nº 4, p. 2142-2152.

*——. "The neural locus of temporal structure and expectancies in music: Evidence from functional neuroimaging at 3 Tesla". *Music Perception*, 2005, vol. 22, nº 3, p. 563-575.
Neuroanatomia da estrutura musical.

*MAESS, B., KOELSCH, S., GUNTER, T. C. & FRIEDERICI, A. D. "Musical syntax is processed in Broca's area: An MEG study". *Nature Neuroscience*, 2001, vol. 4, nº 5, p. 540-545.
Neuroanatomia da estrutura musical.

*MARIN, O. S. M. "Neurological aspects of music perception and performance". In *The Psychology of Music*, editado por D. Deutsch. Nova York: Academic Press, 1982.
Perda da função musical em consequência de lesões.

*MARTIN, R. C. "Language processing: Functional organization and neuroanatomical basis". *Annual Review of Psychology*, 2003, vol. 54, p. 55-89.
Neuroanatomia da percepção da fala.

McCLELLAND, J. L., RUMELHART, D. E. & HINTON, G.E. "The Appeal of Parallel Distributed Processing". In *Foundations of Cognitive Psychology: Core Readings*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.
Sobre os esquemas.

MEYER, L. B. "Music and emotion: distinctions and uncertainties". In *Music and Emotion: Theory and Research*, editado por P. N. Justin e J. A. Sloboda. Oxford e Nova York: Oxford University Press.

MEYER, L. B. *Emotion and Meaning in Music*. Chicago: University of Chicago Press, 1956.

——. *Music, the Arts e Ideas: Patterns and Predictions in Twentieth-Century Culture*. Chicago: University of Chicago Press, 1956.
Sobre o estilo musical, a repetição, o preenchimento de vazios e as expectativas.

*MILNER, B. "Laterality effects in audition". In *Interhemispheric Effects and Cerebral Dominance*, editado por V. Mountcastle. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1962.
A lateralidade na audição.
*NARMOUR, E. *The Analysis and Cognition of Melodic Complexity: The Implication-Realization Model*. Chicago: University of Chicago Press, 1992.
*——. "Hierarchical expectation and musical style". In *The Psychology of Music*, editado por D. Deutsch. San Diego: Academic Press, 1999.
Sobre o estilo musical, a repetição, o preenchimento de vazios e as expectativas.
*NIEDERMEYER, E. & SILVA, F. L. da. *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications e Related Fields*. 5ª ed. Filadélfia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2005.
Introdução ao EEG (de nível técnico avançado).
*PANKSEPP, J. (ed.). *Textbook of Biological Psychiatry*. Hoboken, N.J.: Wiley, 2002.
Sobre os SSRIs, a seratonina, a dopamina e a neuroquímica.
*PATEL, A. D. "Language, music, syntax and the brain". *Nature Neuroscience*, 2003, vol. 6, nº 7, p. 674-681.
Neuroanatomia da estrutura musical; este estudo introduz a SSIRH.
*PENHUNE, V. B., ZATORRE, R. J., MACDONALD, J. D. & EVANS, A. C. "Interhemispheric anatomical differences in human primary auditory cortex: Probabilistic mapping and volume measurement from magnetic resonance scans". *Cerebral Cortex*, 1996, vol. 6, p. 661-672.
*PERETZ, I., KOLINSKY, R., TRAMO, M. J., LABRECQUE, R., HUBLET, C., DEMEURISSE, G. & BELLEVILLE, S. "Functional dissociations following bilateral lesions of auditory cortex". *Brain*, 1994, vol. 117, p. 1283-1301.
*PERRY, D. W., ZATORRE, R. J., PETRIDES, M., ALIVISATOS, B., MEYER, E. & EVANS, A. C. "Localization of cerebral activity during simple singing". *NeuroReport*, 1999, vol. 10, p. 3979-3984.
Neuroanatomia do processamento cerebral.
*PETITTO, L. A., Zatorre, R. J., GAUNA, K., NIKELSKI, J., DOSTIE, D. & EVANS, A. C. "Speech-like cerebral activity in profoundly deaf people processing signed languages: Implications for the neural basis of human language". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2000, vol. 97, nº 25, p. 13961-13966.
Neuroanatomia da linguagem de sinais.
POSNER, M. I. *Cognition: An Introduction*. Editado por J. L. E. Bourne e L. Berkowitz. 1ª ed. Basic Psychological Concepts Series. Glenview, IL: Scott, Foresman and Company, 1973.
——. *Chronometric Explorations of Mind: The Third Paul M. Fitts Lectures*. 1986. Nova York: Oxford University Press, 1986.
Sobre os códigos mentais.

POSNER, M. I. & RAICHLE, M. E. *Images of Mind*. Nova York: Scientific American Library, 1994.

Introdução à neuroimagística para o público leigo.

ROSEN, C. *Arnold Schoenberg*. Chicago: University of Chicago Press, 1975.

Sobre o compositor e a música atonal e dodecafônica.

*RUSSELL, G. S., ERIKSEN, K. J., POOLMAN, P. LUU, P. & TUCKER, D. "Geodesic photogrammetry for localizing sensor positions in dense-array EEG". *Clinical Neuropsychology*, 2005, vol. 116, p. 1130-1140.

O problema Poisson invertido de localização com EEG.

SAMSON, S. & ZATORRE, R. J. "Recognition memory for text and melody of songs after unilateral temporal lobe lesion: Evidence for dual encoding". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1991, vol. 17, nº 4, p. 793-804.

——. "Contribution of the right temporal lobe to musical timbre discrimination". *Neuropsychologia*, 1994, vol. 32, p. 231-240.

Neuroanatomia da percepção musical e da fala.

SCHANK, R. C. & ABELSON, R. P. *Scripts, plans, goals, and understanding*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1997.

Obra fundamental sobre os esquemas.

*SHEPARD, R. N. "Circularity in judgments of relative pitch". *Journal of The Acoustical Society of America*, 1964, vol. 36, nº 12, p. 2346-2353.

*——. "Geometrical approximations to the structure of musical pitch". *Psychological Review*, 1982, vol. 89, nº 4, p. 305-333.

*——. "Structural representations of musical pitch". In *Psychology of Music*, editado por D. Deutsch. San Diego: Academic Press, 1982.

A dimensionalidade das alturas.

SQUIRE, L. R., BLOOM, F. E., McCONNELL, S. K., ROBERTS, J. L., SPITZER, N. C. & ZIGMOND, M. J. (eds.). *Fundamental Neuroscience*, 2ª ed. San Diego: Academic Press, 2003.

Texto básico de neurociência.

*TEMPLE, E., POLDRACK, R. A., PROTOPAPAS, A., NAGARAJAN, S. S., SALZ, T., TALLAL, P., MERZENICH, M.M. & GABRIELI, J. D. E. "Disruption of the neural response to rapid acoustic stimuli in dyslexia: Evidence from functional MRI". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2000, vol. 97, nº 25, p. 13907-13912.

Neuroanatomia funcional da fala.

*TRAMO, M. J., BHARUCHA, J. J. & MUSIEK, F. E. "Music perception and cognition following bilateral lesions of auditory cortex". *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1990, vol. 2, p. 195-212.

*ZATORRE, R. J. "Discrimination and recognition of tonal melodies after unilateral cerebral excisions". *Neuropsychologia*, 1985, vol. 23, nº 1, p. 31-41.

*——. "Functional specialization of human auditory cortex for musical processing". *Brain*, 1998, vol. 121, parte 10, p. 1817-1818.

*ZATORRE, R. J., BELIN, P. & PENHUNE, V. B. "Structure and function of auditory cortex: Music and speech". *Trends in Cognitive Sciences*, 2002, vol. 6, nº 1, p. 37-46.

*ZATORRE, R. J., EVANS, A. C., MEYER, E. & GJEDDE, A. "Lateralization of phonetic and pitch discrimination in speech processing". *Science*, 1992, vol. 256, nº 5058, p. 846-849.

*ZATORRE, R. J. & Samson, S. "Role of the right temporal neocortex in retention of pitch in auditory short-term memory". *Brain*, 1991, vol. 114, p. 2403-2417.

Estudos sobre a neuroanatomia da fala e da música e os efeitos das lesões.

Capítulo 5

BJORK, E. L. BJORK, R. A. (eds.) *Memory, Handbook of Perception and Cognition*. 2ª ed. San Diego: Academic Press, 1996.

Texto genérico sobre a memória, para pesquisadores.

COOK, P. R. (ed.) *Music, Cognition and Computerized Sound: An Introduction to Psychoacoustics*. Cambridge: MIT Press, 1999.

Esse livro é uma coletânea das conferências a que assisti durante meu curso de graduação, no já mencionado curso ministrado por Pierce, Chowning, Mathews, Shepard e outros.

*DANNENBERG, R. B., THORN, B. & WATSON, D. "A machine learning approach to musical style recognition". Dissertação apresentada na International Computer Music Conference, setembro de 1997. Tessalônica, Grécia.

Artigo de base sobre impressões digitais musicais.

DOWLING, W. J. & HARWOOD, D. L. *Music Cognition*. San Diego: Academic Press, 1986.

Sobre o reconhecimento de melodias submetidas a transformações.

GAZZANIGA, M. S., IVRY, R. B. & MANGUN, G. R. *Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind*. Nova York: W. W. Norton, 1998.

Contém um sumário dos estudos de Gazzaniga sobre o cérebro partido.

*GOLDINGER, S. D. "Words and voices: Episodic traces in spoken word identification and recognition memory". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory e Cognition*, 1996, vol. 22, nº 5, p. 1166-1183.

*——. "Echoes of echoes? An episodic theory of lexical access". *Psychological Review*, 1998, vol. 105, nº 2, p. 251-279.

Artigos fundamentais sobre a teoria da memória de múltiplos traços.

GUENTHER, R. K. "Memory". In *Foundations of Cognitive Psychology: Core Readings*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.

Uma visão geral da oposição entre a teoria construtivista da memória e a de preservação dos registros.

HAITSMA, J. & KALKER, T. "A highly robust audio fingerprinting system with an efficient search strategy". *Journal of New Music Research*, 2003, vol. 32, nº 2, p. :211-221.

Outro artigo de base sobre as impressões digitais auditivas.

HALPERN, A. R. "Mental scanning in auditory imagery for songs". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1988, vol. 143, p. 434-443.

Fonte da discussão, nesse capítulo, sobre a capacidade de escaneamento da música em nossas cabeças.

——. "Memory for the absolute pitch of familiar songs". *Memory and Cognition*, 1989, vol. 17, nº 5, p. 572-581.

Este artigo inspirou meu estudo de 1994.

HEIDER, E. R. "Universals in color naming and memory". *Journal of Experimental Psychology*, 1972, vol. 93, nº 2, p. 10-20.

Publicada por Eleanor Rosch com seu nome de casada, uma obra seminal sobre a categorização.

HINTZMAN, D. H. "Schema abstraction' in a multiple-trace memory model". *Psychological Review*, 1986, vol. 93, nº 4, p. 411-428.

O modelo MINERVA de Hintzman é discutido no contexto dos modelos de memória de múltiplos traços.

HINTZMAN, D. L., BLOCK, R. A. & INSKEEP, N. R. "Memory for mode of input". *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1972, vol. 11, p. 741-749.

Fonte do estudo sobre referências que analiso.

ISHAI, A., UNGERLEIDER, L. G. & HAXBY, J. V. "Distributed neural systems for the generation of visual images". *Neuron*, 2000, vol. 28, p. 979-990.

Fonte do trabalho sobre separação em categorias no cérebro.

JANATA, P. "Electrophysiological studies of auditory contexts". Dissertation Abstracts International, Section B: The Sciences and Engineering, University of Oregon.

Contém o relato sobre imaginar uma peça musical com assinatura EEG quase idêntica à efetiva audição de uma peça musical.

*LEVITIN, D. J. "Absolute memory for musical pitch: Evidence from the production of learned melodies". *Perception and Psychophysics*, 1994, vol. 56, nº 4, p. 414-423.

Artigo de base sobre meu estudo a respeito de cantar canções de rock ou pop favoritas na tonalidade correta ou perto dela.

*——. "Absolute pitch: Self-reference and human memory". *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, 1999, vol. 4, p. 255-256.

Uma visão geral das pesquisas sobre ouvido absoluto.

*——. "Memory for musical attributes". In *Music, Cognition and Computerized Sound: An Introduction to Psychoacoustics*, editado por P. R. Cook. Cambridge: MIT Press, 1999.

Descrição do meu estudo com diapasões e memória de alturas.

——. "Paul Simon: The Grammy interview". *Grammy*, setembro de 2001, p. 42-46.

Fonte do comentário de Paul Simon sobre a audição dos timbres.

*LEVITIN, D. J. & COOK, P. R. "Memory for musical tempo: Additional evidence that auditory memory is absolute". *Perception and Psychophysics*, 1996, vol. 58, p. 927-935.

Fonte do meu estudo sobre a memória do andamento de uma canção.

*LEVITIN, D. J. & ROGERS, S. E. "Pitch perception: Coding, categories and controversies". *Trends in Cognitive Sciences*, 2005, vol. 9, nº 1, p. 26-33.

Resenha das pesquisas sobre ouvido absoluto.

*LEVITIN, D. J. & R. J. ZATORRE, R. J. "On the nature of early training and absolute pitch: A reply to Brown, Sachs, Cammuso and Foldstein". *Music Perception*, n. 2003, vol. 21, nº 1, p. 105-110.

Comentário técnico sobre os problemas da pesquisa sobre o ouvido absoluto.

LOFTUS, E. *Eyewitness Testimony*. Cambridge: Harvard University Press, 1979/1996.

Fonte das experiências sobre distorções da memória.

LURIA, A. R. *The Mind of a Mnemonist*. Nova York: Basic Books, 1968.

Fonte da história do paciente com hipermnésia.

McCLELLAND, J. L., RUMELHART, D. E. & HINTON, G. E. "The appeal of parallel distributed processing". In *Foundations of Cognitive Psychology: Core Readings*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.

Artigo essencial sobre modelos de processamento de distribuição paralela (PDP), também conhecidos como "redes neurais", simulações computadorizadas da atividade cerebral.

*McNAB, R. J., SMITH, L. A., WITTEN, I. H., HENDERSON, C. L. & CUNNINGHAM, S. J. "Towards the digital music library: tune retrieval from acoustic input". *Proceedings of the First ACM International Conference on Digital Libraries*, 1996, p. 11-18.

Apanhado sobre as impressões digitais musicais.

*PARKIN, A. J. *Memory: Phenomena, Experiment and Theory*. Oxford, Reino Unido: Blackwell, 1993.

Manual sobre a memória.

*PERETZ, I. & ZATORRE, R. J. "Brain organization for music processing". *Annual Review of Psychology*, 2005, vol. 56, p. 89-114.

Resenha das bases neuroanatômicas da percepção musical.

*POPE, S. T., HOLM, F. & KOUZNETSOV, A. "Feature extraction and database design for music software". Dissertação apresentada na International Computer Music Conference em Miami, em 2004.

Sobre as impressões digitais musicais.

*POSNER, M. I. & KEELE, S. W. "On the genesis of abstract ideas". *Journal of Experimental Psychology*, 1968, vol. 77, p. 353-363.

*——. "Retention of abstract ideas". *Journal of Experimental Psychology*, 1970, vol. 83, p. 304-308.

Fonte das experiências mencionadas, demonstrando a possibilidade de estocagem de protótipos na memória.

*ROSCH, E. "Human categorization". In *Advances in Crosscultural Psychology*, editado por N. Warren. Londres: Academic Press, 1977.

*——. "Principles of categorization". In *Cognition and Categorization*, editado por E. Rosch e B. B. Lloyd. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1978.

ROSCH, E. & MERVIS, C. B. "Family resemblances: Studies in the internal structure of categories". *Cognitive Psychology*, 1976, vol. 7, p. 573-605.

ROSCH, E. MERVIS, C. B., GRAY, W. D., JOHNSON, D. M. & BOYES-BRAEM, P. "Basic objects in natural categories". *Cognitive Psychology*, 1976, vol. 8, p. 382-439.

Artigos de base sobre a *teoria dos protótipos* de Rosch.

*SCHELLENBERG, E. G., IVERSON, P. & McKINNON, M. C. "Name that tune: Identifying familiar recordings from brief excerpts". *Psychonomic Bulletin & Review*, 1999, vol. 4, p. 641-646.

Fonte do estudo descrito, sobre a identificação de canções com base em indicações de timbre.

SMITH, E. E. & MEDIN, D.L. *Categories and concepts*. Cambridge: Harvard University Press, 1981.

SMITH, E. & MEDIN, D. L. "The exemplar view". In *Foundations of Cognitive Psychology: Core Readings*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.

Sobre a visão exemplar, como alternativa à teoria do protótipo de Rosch.

*SQUIRE, L. R. *Memory and Brain*. Nova York: Oxford University Press, 1987.

Manual sobre a memória.

*TAKEUCHI, A. H. & HULSE, S. H. "Absolute pitch". *Psychological Bulletin*, vol. 113, nº 2, p. 345-361.

*WARD, W. D. "Absolute Pitch". In *The Psychology of Music*, editado por D. Deutsch. San Diego: Academic Press, 1999.

Visão geral do ouvido absoluto.

*WHITE, B. W. "Recognition of distorted melodies". *American Journal of Psychology*, 1960, vol. 73, p. 100-107.

Fonte das experiências sobre reconhecimento da música em situações de transposição e outras transformações.

WITTGENSTEIN, L. *Philosophical Investigations*. Nova York: Macmillan, 1953.

Fonte dos escritos de Wittgenstein "Que é um jogo?" e semelhanças em família.

Capítulo 6

*DESAIN, P. & HONING, H. "Computational models of beat induction: The rule-based approach". *Journal of New Music Research*, 1999, vol. 28, nº 1, p. 29-42.

Esse estudo discute alguns dos algoritmos usados pelos autores no sapateado a que me referi.

*AITKIN, L. M. & BOYD, J. "Acoustic input to lateral pontine nuclei". *Hearing Research*, 1978, vol. 1, nº 1, p. 67-77.

Fisiologia do caminho auditivo de nível baixo.

*BARNES, R. & JONES, M. R. "Expectancy, attention, and time". *Cognitive Psychology*, 2000, vol. 41, nº 3, p. 254-311.

Um exemplo do trabalho de Marl Reiss Jones com andamento e periodização em música.

CRICK, F. *What Mad Pursuit: A Personal View of Scientific Discovery*. Nova York: Basic Books, 1988.

Fonte da citação sobre os primeiros anos de Crick como cientista.

CRICK, F. H. C. *The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul*. Nova York: Touchstone/Simon & Schuster, 1995.

Fonte da discussão sobre o reducionismo em Crick.

*FRISTON, K. J. "Functional and effective connectivity in neuroimaging: a synthesis". *Human Brain Mapping*, 1994, vol. 2, p. 56-68.

O artigo sobre a conectividade funcional que ajudou Menon a criar as análises de que precisávamos para nosso estudo sobre a emoção musical e o núcleo acumbente.

*GALLISTEL, C. R. *The Organization of Learning*. Cambridge: MIT Press, 1989.

Um exemplo do trabalho de Randy Gallistel.

*GOLDSTEIN, A. "Thrills in response to music and other stimuli". *Physiological Psychology*, 1980, vol. 8, nº 1, p. 126-129.

O estudo que demonstrou que a naxolona pode bloquear a emoção musical.

*GRABOW, J. D., EBERSOLD, M. J. & ALBERS, J. W. "Summated auditory evoked potentials in cerebellum and inferior colliculus in young rat". *Mayo Clinic Proceedings*, 1976, vol. 50, nº 2, p. 57-68.

Fisiologia e conexões do cerebelo.

*HOLINGER, D. P., BELLUGI, U., MILLS, D. L., KORENBERG, J. R. REISS, A. L., SHERMAN, G. F. & GALABURDA, A. M. "Relative sparing of primary auditory cortex in Williams syndrome". *Brain Research*, 2005, v. 1037, p. 35-42.

O artigo para o qual Ursula chamou a atenção de Crick.

*HOPFIELD, J. J. "Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities". *Proceedings of National Academy of Sciences*, 1982, vol. 79, nº 8, p. 2554-2558.

O primeiro enunciado das redes Hopfield, um tipo de modelo de rede neural.

*HUANG, C. & LIU, G. "Organization of the auditory area in the posterior cerebellar vermis of the cat". *Experimental Brain Research*, 1990, vol. 81, nº 2, p. 377-383.

*HUANG, C.-M., LIU, G.. & HUANG, R. "Projections from the cochlear nucleus to the cerebellum". *Brain Research*, 1982, vol. 244, p. 1-8.

*IVRY, R. B. & HAZELTINE, R. E. "Perception and production of temporal intervals across a range of durations: Evidence for a common timing mechanism". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1995, vol. 21, nº 1, p. 3-18.

Estudos sobre a fisiologia, a anatomia e a conectividade do cerebelo e das regiões auditivas inferiores.

*JASTREBOFF, P. J. "Cerebellar interaction with the acoustic reflex". *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 1981, vol. 41, nº 3, p. 279-298.

Fonte de informações sobre o reflexo acústico de "surpresa".

*JONES, M. R. "Dynamic pattern structure in music: recent theory and research". *Perception & Psychophysics*, 1987, vol. 41, p. 621-634.

*JONES, M. R. & BOLTZ, M. "Dynamic attending and responses to time". *Psychological Review*, 1999, vol. 96, p. 459-491.

Exemplos do trabalho de Jones com a periodização na música.

*KEELE, S. W. & IVRY, R. "Does the cerebellum provide a common computation for diverse tasks — A timing hypothesis". *Annals of The New York Academy of Sciences*, 1990, vol. 608, p. 179-211.

Exemplo do trabalho de Ivry sobre a periodização e o cerebelo.

*LARGE, E. W. & JONES, M. R. "The time course of recognition of novel melodies". *Perception and Psychophysics*, 1995, vol. 57, nº 2, p. 136-149.

*——. "The dynamics of attending: How people track time-varying vents". *Psychological Review*, 1999, vol. 106, nº 1, p. 119-159.

Mais exemplos do trabalho de Jones sobre a periodização na música.

*LEE, L. "A report of the functional connectivity workshop", Düsseldorf, 2002. *NeuroImage*, 2003, vol. 19, p. 457-465.

Uma das monografias que Menon leu ao criar as análises de que precisávamos em nosso estudo sobre o núcleo acumbente.

*LEVITIN, D. J. & BELLUGI, U. "Musical abilities in individuals with Williams syndrome". *Music Perception*, 1998, vol. 15, nº 4, p. 357-389.

*LEVITIN, D. J., COLE, K., CHILES, M., LAI, Z., LINCOLN, A. & BELLUGI, U. "Characterizing the musical phenotype in individuals with Williams syndrome". *Child Neuropsychology*, 2004, vol. 10, nº 4, p. 223-247.

Informações sobre a síndrome de Williams e dois estudos sobre as habilidades musicais nesses casos.

*LEVITIN, D. J. & MENON, V. "Musical structure is processed in 'language' areas of the brain: A possible role for Brodmann Area 47 in temporal coherence". *NeuroImage*, 2003, vol. 20, nº 4, p. 2142-2152.

*——. "The neural locus of temporal structure and expectancies in music: Evidence from functional neuroimaging at 3 Tesla". *Music Perception*, 2005, vol. 22, nº 3, p. 563-575.

*LEVITIN, D. J., MENON, V., SCHMITT, J. E., ELIEZ, S., WHITE, C. D., GLOVER, G. H., KADIS, J., KORENBERG, J. R., BELLUGI, U. & REISS, A. L. "Neural correlates of auditory perception in Williams syndrome: An fMRI study". *NeuroImage*, 2003, vol. 18, nº 1, p. 74-82.

Estudos que demonstraram ativações do cerebelo na escuta de música.

*LOESER, J. D., LEMIRE, R. J. & ALVORD, E. C. "Development of folia in human cerebellar vermis". *Anatomical Record*, 1972, vol. 173, nº 1, p. 109-113.

O contexto da fisiologia do cerebelo.

*MENON, V. & LEVITIN, D. J. "The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system". *NeuroImage*, 2005, vol. 28, nº 1, p. 175-184.

O estudo em que demonstramos o envolvimento do núcleo acumbente e do sistema de recompensa do cérebro na escuta musical.

*MERZENICH, M. M., JENKINS, W. M., JOHNSTON, P., SCHREINER, C., MILLER, S. L. & TALLAL, P. "Temporal processing deficits of language-learning impaired children ameliorated by training". *Science*, 1996, vol. 271, p. 77-81.

Estudo demonstrando que a dislexia pode ser causada por um déficit de noção de tempo no sistema auditivo infantil.

*MIDDLETON, F. A. & STRICK, P. L. "Anatomical evidence for cerebellar and basal ganglia involvement in higher cognitive function". *Science*, 1994, vol. 266, nº 5184, p. 458-461.

*PENHUNE, V. B., ZATORRE, R. J. & EVANS, A. C. "Cerebellar contributions to motor timing: A PET study of auditory and visual rhythm reproduction". *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1998, vol. 10, nº 6, p. 752-765.

*SCHMAHMANN, J. D. "An emerging concept — the cerebellar contribution to higher function". *Archives of Neurology*, 1991, vol. 48, nº 11, p. 1178-1187.

*SCHMAHMANN, Jeremy D., (ed.) "The Cerebellum and Cognition", *International Review of Neurobiology*, v. 41. San Diego: Academic Press, 1997.

*SCHMAHMANN, S. D. & SHERMAN, J. C. "The cerebellar cognitive affective syndrome". *Brain and Cognition*, 1988, vol. 121, p. 561-579.

Informação contextual sobre cerebelo, função e anatomia.

*TALLAL, P., MILLER, S. L., BEDI, G., BYMA, G., WANG, X., NAGARAJAN, S. S., SCHREINER, C., JENKINS, W. M. & MERZENICH, M. M. "Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech". *Science*, 1996, vol. 271, p. 81-84.

Estudo demonstrando que a dislexia pode ser causada por um déficit de noção de tempo no sistema auditivo infantil.

*ULLMAN, S. *High-level Vision: Object Recognition and Visual Cognition*. Cambridge: MIT Press, 1996.

Sobre a arquitetura do sistema visual.

*WEINBERGER, N. M. "Music and the auditory system". In *The Psychology of Music*, editado por D. Deutsch. San Diego: Academic Press, 1999.

Sobre a fisiologia e a conectividade do sistema musical/auditivo.

Capítulo 7

ABBIE, A. A. "The projection of the forebrain on the pons and cerebellum". *Proceedings of the Royal Society of London (Biological Sciences)*, 1934, vol. 115, p. 504-522.

Fonte da citação sobre o envolvimento do cerebelo nas artes.

CHI, Michelene T. H., GLASER, R. & FARR, M. J., (eds.) *The Nature of Expertise*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

Estudos psicológicos da qualificação, inclusive entre jogadores de xadrez.

*ELBERT, T., PANTEV, C., WIENBRUCH, C., ROCKSTROH, B. & TAUB, E. "Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players". *Science*, 1995, vol. 70, nº 5234, p. 305-307.

Fonte sobre as mudanças corticais associadas à execução do violino.

*ERICSSON, K. A. & SMITH, J. (eds.) *Toward a General Theory of Expertise: Prospects and Limits*. Nova York: Cambridge University Press, 1991.

Estudos psicológicos da qualificação, inclusive entre jogadores de xadrez.

*GOBET, F., LANE, P. C. R., CROKER, S., CHENG, P. C. H., JONES, G., OLIVER, I., PINE, J. M. "Chunking mechanisms in human learning". *Trends in Cognitive Sciences*, 2001, vol. 5, p. 236-243.

Sobre o agrupamento para memorização.

*HAYES, J. R. "Three problems in teaching general skills". In *Thinking and Learning Skills: Research and Open Questions*, editado por S. F. Chipman, J. W. Segal e R. Glaser. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1985.

Fonte do estudo sustentando que as primeiras obras de Mozart não eram tidas em alta conta, e refutação da alegação de que Mozart não precisava de dez mil horas, como qualquer outra pessoa, para tornar-se um especialista.

HOWE, M. J. A., DAVIDSON, J. W. & SLOBODA, J. A. "Innate talents: Reality or myth?" *Behavioral & Brain Sciences*, 1998, vol. 21, nº 3, p. 399-442.

Um de meus artigos favoritos, embora não concorde com tudo nele; uma visão geral da tese do "mito do talento".

LEVITIN, D. J. Conversa inédita com Neil Young. Woodside, CA, 1982.

——. "Interview: A Conversation with Joni Mitchell". *Grammy*, primavera de 1996, p. 26-32.

——. "Stevie Wonder: Conversation in the Key of Life". *Grammy*, verão de 1996, p. 14-25.

——. "Still Creative After All These Years: A Conversation with Paul Simon". *Grammy*, fevereiro de 1998, p. 16-19, 46.

——. "A conversation with Joni Mitchell". In *The Joni Mitchell Companion: Four Decades of Commentary*, editado por S. Luftig. Nova York: Schirmer Books, 2000.

——. "Paul Simon: The Grammy Interview". *Grammy*, setembro de 2001, p. 42-46.

——. "Conversa inédita com Joni Mitchell, Los Angeles, CA, dezembro de 2004.

Fontes das anedotas e citações desses músicos sobre a qualificação musical.

MACARTHUR, P. Site JazzHouston na Internet. http:www.jazzhouston.com/forum/messages, acusado em 1999.

Fonte da citação sobre os erros de Rubinstein.

*SLOBODA, J. A. "Musical expertise". In *Toward a General Theory of Expertise*, editado por K. A. Ericcson e J. Smith. Nova York: Cambridge University Press, 1991.

Visão geral das questões e descobertas na literatura sobre a qualificação musical.

TELLEGEN, A., LYKKEN, D., BOUCHARD, T., WILCOX, K., SEGAL, N. & RICH, S. "Personality similarity in twins reared apart and together". *Journal of Personality and Social Psychology*, 1988, vol. 54, nº 6, p. 1031-1039.

O estudo sobre os gêmeos de Minnesota.

*VINES, B. W, KRUMHANSL, C., WANDERLEY, M. M. & LEVITIN, D. "Cross-modal interactions in the perception of musical performance". *Cognition*, no prelo.

Fonte do estudo sobre a emoção transmitida pelos gestos dos músicos.

Capítulo 8

*BERLYNE, D. E. *Aesthetics and Psychobiology*. Nova York: Appleton-Century-Crofts, 1971.

Sobre a hipótese do "U invertido" nos casos de aceitação musical.

*GASER, C. & SCHLAUG, G. "Gray matter differences between musicians and nonmusicians". *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2003, vol. 999, p. 514-517.
Diferenças entre os cérebros de músicos e não músicos.

*HUSAIN, G., THOMPSON, W. F. & SCHELLENBERG, E. G. "Effects of musical tempo and mode on arousal, mood e spatial abilities". *Music Perception*, 2002, vol. 20, nº 2, p. 151-171.
Explicação do "efeito Mozart".

*HUTCHINSON, S., LEE, L. H., GAAB, N. & SCHLAUG, G. "Cerebellar volume of musicians". *Cerebral Cortex*, 2003, vol. 13, p. 943-949.
Diferenças entre os cérebros de músicos e não músicos.

*LAMONT, A. M. "Infants' preferences for familiar and unfamiliar music: A socio-cultural study". Dissertação apresentada na Society for Music Perception and Cognition. Kingston, Ont, 9 de agosto de 2001.
Sobre a experiência musical pré-natal dos bebês.

*LEE, D. J., CHEN, Y. & SCHLAUG, G. "Corpus callosum: musician and gender effects". *NeuroReport*, 2003, vol. 14, p. 205-209.
Diferenças entre os cérebros de músicos e não músicos.

*RAUSCHER, F. H., SHAW, G. L. & KY, K. N. "Music and spatial task performance". *Nature*, 1993, p. 365:611.
O relatório original sobre o "efeito Mozart".

*SAFFRAN, J. R. "Absolute pitch in infancy and adulthood: the role of tonal structure". *Developmental Science*, 2003, vol. 6, nº 1, p. 35-47.
Sobre o uso de recursos de ouvido absoluto pelos bebês.

*SCHELLENBERG, E. G. "Does exposure to music have beneficial side effects?" In *The Cognitive Neuroscience of Music*, editado por I. Peretz e R. J. Zatorre. Nova York: Oxford University Press, 2003.

*THOMPSON, W. F., SCHELLENBERG, E. G. & HUSAIN, G. "Arousal, mood e the Mozart Effect". *Psychological Science*, 2001, vol. 12, nº 3, p. 248-251.
Explicação do "efeito Mozart".

*TRAINOR, L. J., WU, L. & TSANG, C. D. "Long-term memory for music: Infants remember tempo and timbre". *Developmental Science*, 2004, vol. 7, nº 3, p. 289-296.
Sobre o uso de recursos de ouvido absoluto pelos bebês.

*TREHUB, S. E. "The developmental origins of musicality". *Nature Neuroscience*, 2003, vol. 6, nº 7, p. 669-673.

*——. "Musical predispositions in infancy". In *The Cognitive Neuroscience of Music*, editado por I. Peretz e R. J. Zatorre. Oxford: Oxford University Press, 2003.
Sobre as primeiras experiências musicais do bebê.

Capítulo 9

BARROW, J. D. *The Artful Universe*. Oxford, Reino Unido: Clarendon Press, 1995.
"A música não tem qualquer papel na sobrevivência da espécie."

BLACKING, J. *Music, Culture, and Experience*. Chicago: University of Chicago Press, 1995.
"A natureza encarnada da música, a indivisibilidade entre movimento e som, caracteriza o fazer musical em todas as culturas e em todos os tempos."

BUSS, D. M., HASELTON, M. G., SHACKELFORD, T. K., BLESKE, A. L. & WAKEFIELD, J. C. "Adaptations, exaptations e spandrels". In *Foundations of Cognitive Psychology: Core Readings*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.
Evitei deliberadamente o estabelecimento de uma distinção entre dois tipos de subprodutos evolutivos, *tímpanos* e *exaptações*, para simplificar a exposição nesse capítulo, e usei a palavra *tímpano* para designar os dois tipos. Como o próprio Gould não empregou os dois termos de forma coerente em seus textos, e como a questão central não fica comprometida se ignorarmos a distinção, apresento aqui uma explicação simplificada, e não creio que os leitores percam em termos de clareza. Buss, et al. discutem essa distinção e outras, com base no trabalho de Stephen Jay Gould citado acima.

*COSMIDES, L. "The logic of social exchange: Has natural selection shaped how humans reason?" *Cognition*, 1989, vol. 31, p. 187-276.

*COSMIDES, L. & TOOBY, J. "Evolutionary psychology and the generation of culture, Part II. Case Study: A computational theory of social exchange". *Ethology and Sociobiology* 10:51-97.
Perspectivas da psicologia evolutiva sobre a cognição como forma de adaptação.

CROSS, I. "Music, cognition, culture e evolution". *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2001, vol. 930, p. 28-42.

——. "Music, mind and evolution". *Psychology of Music*, 2001, vol. 29, nº 1, p. 95-102.

——. "Music and biocultural evolution". In *The Cultural Study of Music: A Critical Introduction*, editado por M. Clayton, T. Herbert e R. Middleton. Nova York: Routledge, 2003.

——. "Music and evolution: Consequences and causes". *Comparative Music Review*, 2003, vol. 22, nº 3, p. 79-89.

——. "Music and meaning, ambiguity and evolution". In *Musical Communications*, editado por D. Miell, R. MacDonald e D. Hargraves. Oxford: Oxford University Press, 2001.
As fontes das teses de Cross, tal como expostas nesse capítulo.

DARWIN, C. *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. Nova York: Penguin Classics, 1871/2004.

A fonte das ideias de Darwin sobre a música, a seleção sexual e a adaptação. "Concluo que as notas musicais e o ritmo foram inicialmente adquiridos pelos ancestrais masculinos ou femininos da humanidade com a finalidade de atrair o sexo oposto. Desse modo, os tons musicais ficaram fortemente associados a algumas das mais fortes paixões que um animal é capaz de sentir, e em consequência são usados instintivamente. (...)"

*DEANER, R. O. & NUNN, C. L. "How quickly do brains catch up with bodies? A comparative method for detecting evolutionary lag". *Proceedings of the Royal Society of London*, 1999, B, vol. 266, nº 1420, p. 687-694.

Sobre a defasagem evolutiva.

GLEASON, J. B. *The Development of Language*. 6ª ed. Boston: Allyn & Bacon, 2004.

Texto de nível de graduação sobre o desenvolvimento da habilidade linguística.

*GOULD, S. J. "Exaptation: A crucial tool for evolutionary psychology". *Journal of Social Issues*, 1999, vol. 47, p. 43-65.

A explicação, por Gould, dos diferentes tipos de subprodutos evolutivos.

HURON, D. "Is music an evolutionary adaptation?" In *Biological Foundations of Music*, editado por R. Zatorre e I. Peretz. Nova York: New York Academy of Friends, 2001.

A resposta de Huron a Pinker (1997); aqui foi exposta pela primeira vez a comparação do autismo à síndrome de Williams, para sustentar a tese de uma ligação entre a musicalidade e a sociabilidade.

*MILLER, G. F. "Sexual selection for cultural displays". In *The Evolution of Culture*, editado por R. Dunbar, C. Knight e C. Power. Edimburgo: Edinburgh University Press, 1999.

*——. "Evolution of human music through sexual selection". In *The Origins of Music*, editado por N. L. Wallin, B. Merker e S. Brown. Cambridge: MIT Press, 2000.

——. "Aesthetic fitness: How sexual selection shaped artistic virtuosity as a fitness indicator and aesthetic preferences as mate choice criteria". *Bulletin of Psychology and the Arts*, vol. 2, nº 1, p. 20-25.

*MILLER, G. F. & HASELTON, M. G. "Women's fertility across the cycle increases the short-term attractiveness of creative intelligence compared to wealth". *Human Nature*, no prelo.

Artigos de base sobre a tese exposta por Miller sobre a música como ferramenta de adaptação sexual.

PINKER, S. *How the Mind Works*. Nova York: W. W. Norton, 1997.

Fonte da analogia do "*cheesecake* auditivo" estabelecida por Pinker.

SAPOLSKY, R. M. *Why Zebras Don't Get Ulcers*. 3ª ed. Nova York: Henry Holt and Company, 1998.

Sobre a defasagem evolutiva.

SPERBER, D. *Explaining Culture*. Oxford, Reino Unido: Blackwell, 1996.

A música como parasita evolutivo.

*TOOBY, J. & COSMIDES, L. "Toward mapping the evolved functional organization of mind and brain". In *Foundations of Cognitive Psychology*, editado por D. J. Levitin. Cambridge: MIT Press, 2002.

Outra obra desses psicólogos evolutivos sobre a cognição como forma de adaptação.

TURK, I. *Mousterian Bone Flute*. Znanstvenoraziskovalni Center Sazu 1997 [citado em 1º de dezembro de 2005. Disponível em http:www.uvi.si/eng/slovenia/background-information/neanderthal-flute.]

O relatório original sobre a descoberta da flauta eslovena de osso.

*WALLIN, N. L. *Biomusicology: Neurophysiological, Neuropsychological, and Evolutionary Perspectives on the Origins and Purposes of Music*. Stuyvesant, N.Y.: Pendragon Press.

*WALLIN, N. L., Merker, B. & BROWN, S. (eds.). *The Origins of Music*. Cambridge: MIT Press.

Outra fonte sobre as origens evolutivas da música.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que me ajudaram a aprender o que sei sobre a música e o cérebro. Por me terem ensinado a fazer discos, sou grato aos engenheiros Leslie Ann Jones, Ken Kessie, Maureen Droney, Wayne Lewis, Jeffrey Norman, Bob Misbach, Mark Needham, Paul Mandl, Ricky Sanchez, Fred Catero, Dave Frazer, Oliver di Cicco, Stacey Baird, Marc Senasac e aos produtores Narada Michael Walden, Sandy Pearlman e Randy Jackson; por me terem dado a oportunidade de fazê-los, a Howie Klein, Seymour Stein, Michelle Zarin, David Rubinson, Brian Rohan, Susan Skaggs, Dave Wellhausen, Norm Kerner e Joel Jaffe.

Pela inspiração musical e o tempo dedicado a nossas conversas, sou grato a Stevie Wonder, Paul Simon, John Fogerty, Lindsey Buckingham, Carlos Santana, kd lang, George Martin, Geoff Emerick, Mitchell Froom, Phil Ramone, Roger Nichols, George Massenburg, Cher, Linda Ronstadt, Peter Asher, Julia Fordham, Rodney Crowell, Rosanne Cash, Guy Clark e Donald Fagen.

Por me terem ensinado a respeito da psicologia cognitiva e da neurociência, a Susan Carey, Roger Shepard, Mike Posner, Doug Hintzman e Helen Neville. Sou grato a minhas colaboradoras Ursula Bellugi e Vinod Menon, que me proporcionaram uma empolgante e gratificante segunda carreira como cientista, e a meus colegas Steve McAdams, Evan Balaban, Perry Cook, Bill Thompson e Lew Goldberg. Meus alunos e *fellows* nos estudos de pós-doutoramento foram outro motivo de orgulho e inspiração, tendo-me ajudado com seus comentários a respeito dos esboços deste livro: Bradley Vines, Catherine Guastavino, Susan Rogers, Anjali Bhatara, Theo Koulis, Eve-Marie Quintin, Ioana Dalca, Arma Tirovolas e Andrew Schaaf. Jeff Mogil, Evan Balaban, Vinod Menon e

Len Blum fizeram observações valiosas sobre trechos do manuscrito. Ainda assim, os eventuais erros são de minha inteira responsabilidade.

Meus queridos amigos Michael Brook e Jeff Kimball me ajudaram de muitas maneiras durante a redação deste livro, trocando ideias, fazendo perguntas, oferecendo apoio e intuições musicais. O presidente de meu departamento, Keith Franklin, e o reitor da Schulich School of Music, Don McLean, proporcionaram-me um clima intelectual idealmente produtivo e confortável para trabalhar.

Gostaria de agradecer também ao meu editor na Dutton, Jeff Galas, por me ter orientado e ajudado a cada passo da transformação dessas ideias em livro, pelas centenas de sugestões e os excelentes conselhos, e a Stephen Morrow, na Dutton, pelas úteis contribuições na edição do manuscrito; sem a participação de Jeff e Stephen, este livro não existiria. Obrigado a ambos.

O subtítulo do capítulo 3 foi extraído do excelente livro editado por R. Steinberg na Springer-Verlag.

E obrigado a minhas obras musicais favoritas: a "Sexta Sinfonia" de Beethoven; "Joanne", de Michael Nesmith; "Sweet Georgia Brown", de Chet Atkins e Lenny Breau; e "The End", dos Beatles.

Índice remissivo

Nota: Os números de páginas em *itálico* remetem a ilustrações ou gráficos.

A descendência do homem (Darwin), 283
"A Foggy Day", 167
A440, 43
Abbie, Andrew Arthur, 237
Abdul, Paula, 69, 194
AC/DC, 69, 191
acento retardado, 76-77, 131-132
acordes maiores, 49
acordes menores, 49
acordes
  cadência, 129-130
  consonância e dissonância, 84-86
  definição, 49-50
  esquemas, 135
  expectativas, 143
  harmonia, 311-314
  memória, 245
  progressão, 26, 84
  som fundamental, 241
Adam and the Ants, 12
adaptação, 15, 115, 289, 291
adolescentes, 260-262, 285-286
Aerosmith, 70
afeto, 205, 215. *Ver também* emoçao
afinação, 38, 43
agrupamento, 86-92, 113
aldeões do Lesoto, 12-13
"All Along the Watchtower", 61
"All of Me", 267
Allman Brothers, 131
alta fidelidade, 80
altura
  A440, 43
  agrupamento, 92
  altas e baixas, 29-30, 32
  altura relativa, 36, 37-38, 40, 44
  audição, 37, 117
  base neural, 105, 148
  bebês, 256-257, 258/
  definição, 25, 28, 29-31
  dimensões, 131-132
  dissonância, 23
  emoção, 35-36
  escalas, 38
  expectativas, 195
  ficção psicofísica, 169
  frequência, 25, 28, 30-35, *34*, 43
  guitarras, 239-242
  harmonia, 26
  harmônicos, *52-54*
  melodia, 35
  memória musical, 177-178
  mudanças proporcionais, 44
  música ocidental, 61

ouvido absoluto, 35, 37, 40, 169, 174, 175, 211
percepção, 37-38, 39, 52-53
preferências musicais, 270
reconhecimento melódico, 153
ritmo, 82-86
vibração, 50-51
amígdala, *307*
cerebelo, 197
distúrbios mentais, 293
emoção, 101, 250
expressividade na performance, 237
memória, 188
resposta a estímulos, 105
amplitude, 25, 80, 92
análise de conectividade funcional e efetiva, 214
"Anarchy in the U.K.", 61
andamento. *Ver também* ritmo
base neural, 71
bebês, 256-257
categorização, 169
definição, 25, 67-70
expectativas, 195
memória musical, 174, 175, 177-178
variação, 71
Anderson, Leroy, 259
animais, 40, 106, 112, 297
ansiedade, 207
antidepressivos, 141
antiguidade da música, 12
aparelho de imagens por ressonância magnética (MRI), 146-147
aparência (física), 228
apreciação musical, 129
área de Broca, 100, 145, 300
área de Wernicke, 98, 100
área MT, 208
áreas de Brodmann, 106, 147
Aristóteles, 159, 160, 162, 164, 298
Armstrong, Louis, 167, 239
artes visuais, 26-27
artistas, 11, 273-274
"As Time Goes By", 267
associações musicais, 47-48
"At a Darktown Cakewalk", 68
ataque, 58, 62-63
ataques simultâneos, 91
atenção e aquisição de habilidades, 224
atenção, 89, 93, 224, 259
audição, 32, 37. *Ver também* sistema auditivo
auditiva, 13, 237, 248
Austin Lounge Lizards, 168

"Ba Ba Black Sheep", 72, 73, 74
BA44, 214
BA47, 214
Bach, Johann Sebastian, 24, 92, 167
"Back in Black", 69-70, 191
"Back in Your Arms", 273
banco de dados sobre gêmeos de Minnesota, 226
Baron-Cohen, Simon, 296
Barrow, John, 281
batida, 69, 71-75, 192, 195-197. *Ver também* ritmo
Beach Boys, 261
"Beat It", 161
Beatles
Ed Sullivan Show, 231
EMI, 146
fãs, 272
importância musical, 60
influência no autor, 231
qualidades tímbricas dos álbuns, 121-122, 176
seguidores, 11

uso das expectativas, 130-131, 135
uso de sintetizadores, 58
uso de tonalidades, 83-84
bebês. *Ver* primeira e segunda infância
"Be-Bop-A-Lula", 177
Beethoven, Ludwig van, 78, 136-137, 191, 236, 239
Bell, Alexander Graham, 80
Bellugi, Ursula, 201, 203, 207, 210, 292
bemóis, 42
Bennett, Max, 240
Berkeley, George, 32
Berle, Milton, 68
Berlin, Irving, 234, 248
Bernstein, Leonard, 68, 236, 297
Berry, Chuck, 76
"Bibbidy Bobbidy Boo", 259
Billboard, 219
"Billie Jean", 70, 194
Blacking, John, 291
Blood, Anne, 213
"Blue Moon", 267
Bolero, 64, 145, 296
Bouchard, Thomas, 226
Bowie, David, 48, 261
Bregman, Albert, 88, 89, 116
Brendel, Alfred, 236
"Brilha, brilha, estrelinha", 72
Brown, James, 291
Brubeck, Dave, 79
Buckingham, Lindsey, 64
"Bum-Diddle-De-Um-Bum, That's It!", 68
Burns, Ed, 171
Byrne, David, 273

cadência interrompida, 129-130
Cage, John, 24, 297
canhotos, 141-142
cantigas de ninar, 259
canto do Tirol suíço, 92
capacitação auditiva, 13, 237, 248
Carey, Susan, 109
carisma dos músicos, 238, 248
Carlos, Walter/Wendy, 58
Carpenters, 130, 161
carreira do autor em produção, 9
Cash, Johnny, 239
Castellengo, Michelle, 63
categorização, 158-168. *Ver também* teoria construtivista da memória, 154, 156, 157, 158, 168, 177, 179
evolução, 165-166
memória, 168, 179
protótipos em categorias, 163-164, 166-168, 179-180, 182, 257
teoria da preservação de registros, 153, 157, 158, 168, 177, 179, 184-185
teoria exemplar, 179, 182, 184-185
"Cathy's Clown", 177
celebridade, 238
Centro de Pesquisa em Computação, Música e Acústica (CCRMA), 58, 59
cerebelo lateral, 106
cerebelo, *306*, *307*
distúrbios mentais, 293
efeito da música, 255, 296
emoção, 197, 201, 205-207, 210-211, 215
expressividade na performance, 237
função, 99
lobos frontais, 212
memória, 71
métrica, 78
noção de tempo, 197, 200, 205
ouvir música, 100, 105
sistema auditivo, 207, 209, 210
tocar música, 67, 71
cérebro reptiliano, 196. *Ver também* cerebelo

cérebro, 196. *Ver também* estruturas anatômicas específicas
anatomia, 98-99
atividade musical, 99-100
danos, 15, 98-99, 101
evolução, 15
mente, 97, 108-110, 111
organização, 141-142
processamento paralelo dos cérebros, 122-123
"Chain Lightning", 130
Cheap Trick, 11
"China Girl", 48
Chomsky, Noam, 124, 201
Chopin, Frédéric, 78, 121
Chowning, John, 58-59, 168
Churchland, Paul, 10
cientistas e artistas, 11
cinema, 16, 33
cingulado anterior, 259
círculo de quintas, 85
Clapton, Eric, 61, 238, 239
clarinetas, *55*
Clarke, Eric, 77-78
Clinton, Bill, 233
codificação hierárquica da música, 178, 247
códigos neurais, 139-140
Cold Spring Harbor Laboratory, 197-201, 212
Coltrane, John, 130, 239
Columbo, John, 252
compasso 3/4, 77, 78
compasso 4/4, 74
compassos, 74
completude perceptiva, 115, 119
complexidade, 268
compositores
emprego da duração das notas, 106
emprego do timbre, 63, 106
expectativas na música, 76, 129, 130
métrica, 191-192
tonalidades, 82-83
compressão do espectro dinâmico, 79, 80
comprimento de onda, 132
computadores, 137-139, 152-153, 196
concertos, 81
conhecimento declarativo, 46
consciência, 202, 212
consonância tonal, 84-86, 255-256, 257
contexto, 180, 182
contorno, 25, 195, 257
contrabaixos, 36
Cooder, Ry, 240
Cook, Perry, 70-71, 130, 169, 196
Copeland, Aaron, 297
Copeland, Stewart, 181
cor, 31, 32, 132
coro, 267
corpo caloso, 254, *307*
córtex auditivo, 100, 103, 105, 214, 221, *306*
córtex cerebral, 297
córtex frontal inferior, 100, 207, 247
córtex frontal, 147, 212
córtex motor, 67, 98, 100, 105, *306*
córtex occipital, 212
córtex pré-frontal dorsilateral, 105
córtex pré-frontal, *306*
córtex sensório, 10, 105, *306*
córtex visual, 100, 208, 306
Cosmides, Leda, 15, 295
Creedence Clearwater Revival, 131, 261
crianças. *Ver* infância
criatividade, 287
Crick, Francis
apresentado ao autor, 204-205
descoberta do DNA, 299
sobre a carreira científica, 202-203, 238

sobre a neurociência cognitiva, 211
sobre as conexões, 197, 211-212, 216
críticas de performances musicais, 27
Crosby, David, 240
Cross, Ian, 281, 291, 296

dança, 27, 286
dani, tribo da Nova Guiné, 163-164
"Dark Side of the Moon", 168
Dave Matthews Band, 272
Davidson, Jane, 220-221
Davis, Miles, 27, 130, 135, 238
De Vol, Frank, 259
debate natureza/cultura, 226-230
decibéis, 80, 81
definição de música, 23-24
definição métrica, 194-195
definição, 222, 248
Dennett, Daniel, 31, 108, 112
Depeche Mode, 24
depressão, 207
Desain, Peter, 195-196
Descartes, René, 97
desenvolvimento cognitivo, 294-296
destros, 141-142
Dhomont, Francis, 23
Diabolus in musica, 23
DiFranco, Ani, 272
discos, 139
dissonância tonal, 84-85, 255-256, 257
divertimenti, 92
Dixieland, 134
Doors, 49
dopamina, 141, 213, 214, 215, 224
Dowling, Jay, 168, 256
dualismo, 97
duração das canções, 135
Dylan, Bob, 23
e expressividade, 235-238
e memória musical, 242-247
e o debate natureza/cultura, 225-234
e prática, 221-224
e proficiência técnica, 235, 238, 248
e talento, 220-222
Eagles, 70, 84, 121
eco, 25, 1230 177. *Ver também* reverberação
Edelman, Gerald, 71
educação musical, 219-220, 224, 238-239
Efeito Mozart, 253-254
efeitos especiais, 123
Ehrenfels, Christian von, 86-87
"Eine Kleine Nachtmusik", 192
Elbert, Thomas, 221
eletroencefalogramas (EEG), 143-144, 174
Emerson, Lake and Palmer, 58
emoção
amígdala, 213, 260
base neural, 101, 105, 123, 213
cerebelo, 99, 197, 201, 205-206, 210, 215
e a síndrome de Williams (SW), 211
e alturas, 36, 38
e andamento, 70
e as expectativas na música, 129
e balanço, 215
e definição métrica, 194-195
e memória, 260
e qualificação, 235-237
e sincopação, 76
e timbre, 63
e volume, 82
efeito da música, 215, 269, 301
em *Songs for Swinging Lovers*, 219
evolução, 205-206
na música clássica, 194

eras, 135, 176-177
Ericsson, Anders, 222
erros na música, 235
escala cromática, 44
escala de cinco notas (pentatônica), 47
escala maior (modo jônio), 45-46, 47, 48, 85, 258, 311-312
escala menor, 46
escala temperada, 61
escalas
  altura, 38
  atração, 195
  categorização, 168
  cromáticas, 45
  de cinco notas (pentatônica), 47
  definição, 38-40
  distinção, 46
  esquemas, 134, 137
  expectativas, 132
  maior (modo jônio), 45-46, 47, 48, 85, 258, 311-312
  menor, 46
  música ocidental, 39, 45, 47
  temperada, 61
  tônica ou fundamental, 45, 46
  tons, 48-49
esclerose múltipla, 262
especialização hemisférica, 141-142
esquemas, 133-137, 194, 246, 263
esquizofrenia, 207
estado estável, 62
estilos, 134, 135. *Ver também* gêneros
estriado ventral, 213
estrutura frasal, 135, 219
estrutura musical, 144-148
  capacitação musical, 233
  ilusão, 123
  memória, 244
  preferências musicais, 265-268, 269
  processamento neural da música, 214, 215
estudo, 220-221
estudos de gêmeos, 226-229
etapa do "brainstorming", 11
Everly Brothers, 177
Every Breath You Take", 63, 68-69
evolução
  adaptação, 14-15, 115, 289, 291
  da linguagem, 279-280, 281, 289, 293-294
  das emoções, 205-208
  das preferências musicais, 280-290, 293
  e categorização, 165-166
  e coesão social, 291-293
  e desenvolvimento cognitivo, 294-297
  e percepção, 115, 120
  e seleção sexual, 282-289, 291, 298-299, 300-301
  em outras espécies, 297-298
  teoria darwiniana, 14, 279, 281-289, 291, 299
expectativas
  de altura, 82
  de métrica, 191-192
  de ritmo, 131-132
  de sistemas musicais conhecidos, 132
  e preferências musicais, 264-265
  estudo, 143-144
  processamento musical, 118
  quebra de, 76, 107, 130-137, 192, 194-195, 215
experiências, 111
exposição passiva à música, 45

Fagen, Donald, 130, 270
falsa raiva, 206-207
Fantasia-Improviso em dó sustenido menor, op. 66, 121

Fantz, Robert, 252
Ferguson, Jim, 12-13
Fernald, Anne, 252
fetos, 251-253
filmes, 16, 33
fisiologia da audição, 37, 270
Fitzgerald, Ella, 167
Fleetwood Mac, 180, 192, 233
Fleetwood, Mick, 181
fluxo tímbrico, 116
fluxo, 58, 63
fluxos (Bregman), 89
Fogassi, Leonardo, 299
fonemas, 148
"For No One", 83, 130
forma musical, 123
fracasso e sucesso, 233-234
Franklin, Aretha, 167
freqüência
  A440, 43
  agrupamento, 93
  alturas, 25, 28, 29-35, 34, 43
  baixas, 32
  fisiologia da audição, 37
  fundamental, 51-52
  harmônicos, 51, 90
  notas, 39
  ondas de luz, 31
  percepção, 37
frequências fundamentais, 51-55
"Frère Jacques", 73
Friederici, Angela, 144, 146
Friston, Karl, 214
funcionalismo, 108

Gabriel, Peter, 79, 193
Gage, Phineas, 99
Galaburda, Albert, 210
Galiese, Vittorio, 299-300
Gallistel, Randy, 199
gânglios basais, 71, 215
Gazzaniga, Michael, 155
"Gee, Officer Krupke", 68
gêneros, 135, 161-162, 164-165, 168, 268
genética, 225-235, 282-289
Gershwin, George, 239
Getz, Stan, 64
Ghost in the Machine (The Police), 132
Gilmour, David, 123
giro cingulado, 259
giro temporal superior, 105
Glass, Philip, 297
glissandos, 48
Gogh, Vincent van, 233
Goldinger, Stephen, 161, 185
Goldstein, Avram, 213
Gould, Stephen Jay, 280
Grandin, Temple, 292
Grant, Hugh, 229
Grateful Dead, 272
graus inteiros, 40, 41-42
gravações de música, 9, 80, 122, 139, 176-177
gravações em fita, 9
gravações fonográficas, 139
Gregory, Richard, 116
Guilherme Tell, abertura, 68
guitarras baixo, 240, 2471-242
guitarras, 23, 231-233, 239-242

habilidade, ênfase na, 13
Hale, Charles, 77
Halpern, Andrea, 171-172, 177
Hammerstein, Oscar, 77
Hanks, Tom, 229
harmonia, 26, 51-52, 82, 242, 311-314
harmônicos, 51-58, 63, 85, 90

Harrison, George, 273
Hartford, John, 188
Haselton, Martie, 287
Haydn, Joseph, 107, 1830, 167
Hayes, John, 225
"Heartbreak Hotel", 177
Helfgott, David, 239
Helmholtz, Hermann von, 8, 90, 116, 120
hemisfério direito, 15, 141-143, 147, 195, 254
hemisfério esquerdo, 15, 141-143, 147, 154-155, 195, 254
Hendrix, Jimi, 61, 64, 192, 284
"Here's That Rainy Day", 64
Herrmann, Bernard, 48
Hertz (medida), 28
Hertz, Heinrich, 28
Hintzman, Douglas, 157, 161, 174, 184
hiper-realidades, 123
hip-hop, 269
hipocampo, *307*
  audição musical, 100, 105, 186
  expressividade musical, 237
  memória, 98-99, 186, 188
  processamento musical, 148
hipótese do recurso compartilhado de integração sintática (SSIRH), 146
hipótese do U invertido, 268
Holiday, Billie, 47, 267
Holly, Buddy, 74-76
Honing, Henkjan, 195-196
Honky Tonk Women, 191, 296
Hopfield, John, 200
Horowitz, Vladimir, 235
"Hot Fun in the Summertime", 40
"Hotel California", 70, 84
"Hound Dog", 131
Howe, Michael, 220-221
Huron, David, 288
"Hypnotized", 192
"I Want You (She's So Heavy)", 130
"I'm On Fire", 193
Idle, Eric, 176
Igreja católica, 23
ilusão Kaniza, 120
ilusão Ponzo, 113
ilusão Rotação das Mesas, 114
ilusões, 113-116, 117-120, 121, 123
improvisação, 266, 267, 286
inarmônicos, 54
indústria da música, 13
infância e adolescência
  aquisição de linguagem, 295
  aulas de música, 219-220, 224
  cantar para bebês, 16, 296
  concentração da atenção, 259
  contorno, 256-257
  desenvolvimento de esquemas, 134
  especialização hemisférica, 143
  fase sinestésica, 145
  memória musical, 251-253, 255
  neuroplasticidade, 50, 124, 262
  preferências musicais, 251-253, 255, 258, 274-275
  sistemas auditivos, 256
  talento, 221
  vocalizações, 258
inferência inconsciento, 119-120
influências ambientais, 226, 229, 234
inibidores seletivos de reabsorção da serotonina (SSRIs), 141
"Instant Karma", 76-77, 177
instrumentação e categorização, 168
instrumentos de arco, 62
instrumentos de cordas, 38
instrumentos de madeira, 42
instrumentos de percussão, 53, 62
instrumentos de sopro, 62
instrumentos musicais

agrupamento, 89
artefatos antigos, 289, 290
ataque, 51-63
expressão emocional, 63
frequências, 32-33, *34*
harmônicos, 56
impressões digitais tímbricas, 56
necessidades cognitivas para tocar, 67
instrumentos naturais, 56
integração e extração de características, 118
inteligência e seus efeitos na música, 253-255
intervalos, 39-42, *41*, 84-86, 168, 257
Isley Brothers, 179, 193
Ivry, Richard, 199, 201, 212

Jackendoff, Ray, 88
Jackson, Michael, 70, 161, 194
Jackson, Randy, 131
Jagger, Mick, 284
"Jailhouse Rock", 73, 74
James, Rick, 193
Janata, Petr, 52, 174
Jazz, 167, 266-268
Jobim, Antonio Carlos, 83
jogos, 160
"Jolene", 49
Jones, Leslie Ann, 9
Jones, Mari Reiss, 199
Jusczyk, Peter, 252

Kamakiriad (Fagen), 130
Keele, Steve, 166-167, 168, 199
Kemp, Martin, 11
Kind of Blue (Davis), 27
King, B.B., 236-237
Kinks, 131
Klein, Larry, 240
Koelsch, Stefan, 144, 146
Koffka, Kurt, 87
Köhler, Wolfgang, 87
"Koko", 296
Kosinsky, Jerzy, 233
Kottke, Leo, 240
Krumhansl, Carol, 48

"Lady Jane", 131
"Lady Madonna", 121
Lamont, Alexandra, 251-252, *255*
Led Zeppelin, 43, 161-162, 232
Lee, Lester, 68
Leiber, Jerry, 73
leitmotiv, 36
lembranças musicais, 174. *Ver também* memória
Lennon, John, 76, 177, 270
Lerdahl, Fred, 88
letras de música, 75, 76
"Light My Fire", 49
"Lilies of the Valley", 273
linguagem dos sinais, 147
linguagem
aquisição, 256-257, 261, 294-296
centros no cérebro, 100, 101, 142-43, 144-148
cerebelo, 213
evolução, 279-280, 281, 289, 293-294
tradição oral, 301
"Little Red Corvette", 61
Little Richard, 61
lobos frontais
audição musical, 100
cerebelo, 213
desenvolvimento, 258
estrutura musical, 144
execução musical, 67, 100
expressividade na performance, 237

função, 99, 145
poda, 262
processamento musical, 119
lobos parietais, 99
lobos temporais direitos, 195
lobos temporais dorsais, 185-186
lobos temporais
expressividade na performance, 237
extração métrica, 195
função, 99, 145
processamento neural da música, 148
reação a estímulos, 105
semântica musical, 144
lobotomia, 99
localização espacial, 25, 91, 99
Locatelli, Pietro Antonio, 92
Locke, John, 113
Loftus, Elizabeth, 159
lógica da percepção, 119
Long Tall Sally', 61
"Lookin' Out My Back Door", 131
Lortat-Jacob, Bernard, 121
Lykken, David, 226

magia, 192-194, 216
Mahler, Gustav, 263
mal de Alzheimer, 260
mal de Parkinson, 197
Mann, Aimee, 230
mapeamento do cérebro, 110
Marcha Fúnebre, 73
"Mary Had a Little Lamb", 68
massa cinzenta, 255
matemática, 261
matéria branca, 255
Mathews, 59, 168-169
McCarthy, Joe, 68
McClelland, Jay, 184
McVie, John, 180
medidas, 74
Medin, Douglas, 180, 182, 185
medula espinhal, 140
melodia
alturas, 35
definição, 26
expectativa, 107, 135-136
harmonia, 26
intervalos, 40-41
leitmotiv, 36
percepção, 153, 195
ritmo, 296
transposição, 86-87
memória de curto prazo ("ecoica"), 175
memória muscular, 171
memória, 157. *Ver também* categorização
acesso, 186-187
agrupamento, 245
ativada pela música, 216
capacidade musical, 232-233
categorização, 168, 179
codificação hierárquica da música, 178, 247
cuidados pessoais, 224
de andamentos, 70-71
de identificação, 247
de vozes, 157-159
desde a primeira infância, 251-252, 255
dicas, 187
emoção, 260
esquemas, 134-135
força, 224
identificação melódica, 153
lobos frontais, 99
memorização maquinal, 247
modelos de memória de múltiplos traços, 183, 185, 186-187
muscular, 171
musical, 171-178, 242-247

ouvir música, 174-175
precisão, 153-155
redes neurais, 104
teoria exemplar, 182
teorias, 153, 156, 157-158, 159, 168, 177, 179, 185
Menon, Vinod, 146, 197, 207, 213-214
mente e cérebro, 97, 108-109, 111-112
Mercury, Freddie, 162
"Merrie Melody", desenho animado, 48
Merzenich, Mike, 199
mesencéfalo, 213
Metallica, 134, 162
Metheny, Pat, 123
métrica
base neural, 71, 78-79
definição, 26, 68, 71-73
métricas comuns, 77-79
música clássica, 194
volume, 82
Meyer, Leonard, 166
microfones, 8, 122
"microtons", 48
mielinização, 262
Miller, Geoffrey, 15, 284, 287
Miller, George, 120
Miller, Mitch, 296
Mingus, Charles, 240
mínimas, 73-74
"Mission: Impossible", 79, 80
Mitchell, Joni, 165, 239-242, 272
Mitchell, Mitch, 192
modelo MINERVA, 184
modelos de memória de múltiplos traços, 183-184, 185, 186-187
modo jônio (escalas maiores), 45, 47, 48, 85, 158, 311-312
modulação, 83
Monaco, Jimmie, 68
Money, 79
Monty Python, 176
motivação, 213, 224
movimento e capacitação motora
cerebelo, 196
desenvolvimento musical, 221, 233
desenvolvimento, 294
emoção, 197, 205-206
expressividade na performance, 237
lobo parietal, 99
Mozart, Wolfgang Amadeus, 72, 92, 225, 298
MRI funcional (fMRI), 146-147, 183-184, 213
música árabe, 48
música barroca, 44
música chinesa, 47
música clássica, 26, 194, 290-291, 297
música country, 49
música de blues, 47, 48, 131
música de rock
acento retardado, 76
acordes, 49
amostra representativa, 60-61
fãs, 272
melodia, 26
métrica, 191-192
padrões, 130
preferências musicais, 269-270
timbre, 61, 89
versões canônicas, 172
volume, 82
música de vanguarda, 24
música folk, 73
música heavy metal, 80, 131, 161, 191
música indiana, 48
música latino-americana, 270
música New Wave, 59
música ocidental

consequências sociais, 260
duração das notas, 73-74
escalas, 38, 45, 47
esquemas, 134
métrica, 71-72
preferência, 255
tonalidades, 83
música persa, 48
música popular, 73, 130, 135, 172, 272
música reggae, 131
música, definição, 23-24
musicólogos, 28
Mussorgsky, Modest Petrovich, 48, 239
"My Favorite Things", 77
"My Funny Valentine", 267

nalaxona, 213
Narmour, Eugene, 134
Needham, Mark, 8
Neisser, Ulrich, 120
Nelson, Ricky, 177
neocerebelo, 293
neuroanatomia dos músicos, 254-255
neuroanatomia, 208. *Ver também* estruturas anatômicas específicas
neurociência cognitiva, 109-111, 141, 211
neurociência, 137, 140, 163
neurônios-espelho, 299-300
neuroplasticidade, 101, 262
neurotransmissores, 110, 141
Nevison, Ron, 203
Newton, Isaac, 31
noção de tempo, 123, 197, 200-201, 205, 216, 233
Nona Sinfonia de Beethoven, 136-137
Norman, Jeffrey, 9
Normandeau, Robert, 23
notação, 74
notas introdutórias, 76
núcleo acumbente (NAc), 105, 141, 213-214, 215-216, *307*
notas. *Ver também* tons
definição, 24-25
durações, 73-74, 77
nomes, 39, 42, 43
variedade na música, 102
núcleo coclear dorsal, 102
núcleos cocleares, 100

"Ode à Alegria", 136-137
"Ohio", 193
oitavas, 39, 42, 85, 136
ondas sonoras, 31-32
"One After 909", 244
"One of These Nights", 121
"One Way Out", 131
órgãos, 56-57
Orquestra Sinfônica de Londres, 168
orquestras, 89
ouvido absoluto, 168-169
base neural, 37, 221
crianças, 257
melodia, 40
mudanças de valores, 35
surdez tonal, 212
ouvir música, 99-100, 174-175

padrões de chamado-e-resposta, 193
Page, Jimmy, 232, 240
paisagem sonora, 176-177
"Parabéns pra você", 171, 172
Paradigma de Posner, 08
Parker, Charlie, 296
Parncutt, Richard, 242, 244, 246
Parton, Dolly, 49
pássaros e seus cantos, 298
Pastorius, Jaco, 240, 242

Patel, Ani, 146
pavões, 285
Pearlman, Sandy, 10
Pedro e o lobo (Prokofiev), 36
percepção sensória
  adolescentes, 260-262
  altura, 270
  base neural, 255-258, 262-263, 266
  base neural, 115-124
  complexidade, 268
  crianças, 251-253, 255, 258, 274-275
  esquemas, 263
  evolução, 280-290, 293
  expectativas em música, 264-266
  experiências anteriores, 271
  ilusões visuais, 113-115
  ilusões, 113- 115, 119, 121, 123
  papel da segurança, 271-274
  prática musical, 222, 223, 224
  pratos, 63, 193
  preenchimento de lacuna, 135-136
  preferências musicais
  reações de alerta, 208
  representação isomórfica do mundo, 112
  viés cultural, 255, 258
Peretz, Isabelle, 195, 211
performance musical, 12-13, 67, 71, 100, 236-237
Phish, 272
pianos, 33, 36, 42-43, 53
Picasso, Pablo, 27
piccolos, 34, 76
Pierce, John R., 59-61, 90, 169
Pink Floyd, 49, 58, 79, 123, 168
Pinker, Steven, 120, 279-281
Plant, Robert, 284
planum temporale, 221, 247
"Please Mr. Postman", 131
Police, The, 68, 131-132, 181
polifonia, 23
pontes, 267
porção orbitária, 147
"Portão de Kiev", 48
posicionamento temporal, 91
Posner, Michael
  atenção nas crianças, 259
  memória, 166-167, 168, 174
  mente e cérebro, 108-109
  pesquisa de Janata, 52
Presley, Elvis, 73, 131, 177
Pretenders, 193
Pribram, Karl, 10
"Pride and Joy", 131
primeiro grau (tônica), 48
Prince, 61
problema da vinculação, 211
processamento de baixo para cima, 118, 119
processamento de cima para baixo, 118-119
processamento paralelo no cérebro, 102-103, 184-185
processo construtivo, 119
Prokofiev, Serguei Sergueievich, 36
protótipos em categorias, 163-164, 166-168, 179-180, 181-182, 257
Prozac, 141
psicologia cognitiva, 109, 120, 137
psicologia da gestalt, 86-87, 112, 153, 156, 182
psicologia evolutiva, 14
Psicose, 47
publicidade, 15-16
pulso musical, 191-192, 194
"Purple Haze", 192

qualidades fonogênicas dos músicos, 238
qualificação

quarta aumentada (trítono), 23, 85, 258
quarta perfeita e intervalo de quinta, 41, 85, 258
Quebra-nozes, *O*, balé, 47, 64
Queen, 77, 162
questões psicológicas, efeito da música, 255
Quinta Sinfonia de Beethoven, 191
quintina na música vocal *a capella* da Sardenha, 121

R.E.M., 272
Rachmaninov, Serguei Vasilyevich, 135
Raffi, 161
raiva, 206-207
Ramachandran, V. S., 112
Ramones, 99
Ravel, Maurice, 64, 145, 296
reações de alerta, 208-209
receptores, 140
recompensa, 215, 280-281
reconhecimento de música, 151-152, 156
Redding, Otis, 169
rede neural do cérebro, 101-106, 140-141
  expectativas musicais, 143-146
  expressividade na performance, 236-237
  função, 110
  neurônios-espelho, 300
  poda, 12, 262
  redundância, 208
redundância, 208
"Refuge of the Roads", 240
regiões orbifrontais do cérebro, 155, 207, 259
Reinhardt, Django, 232
Reinhold, Judge, 225
Reiss, Allan, 211, 293
relações entre elementos musicais, 26-27
repetição, 188
Repp, Bruno, 199
representação isomórfica do mundo, 112, 137
"Respect", 169
restauração da fundamental ausente, 51-52
reverberação, 25, 122, 123, 177
"Revolution 9", 164-165
Revolver (Beatles), 130
ritmo. *Ver também* andamento
  altura, 82-86
  base neural, 71, 100
  capacitação musical, 233
  definição, 25, 67-69
  esquemas, 135
  evolução, 297
  expectativas, 131, 195
  extração métrica, 195
  métrica, 67
  neurônios-espelho, 300
  preferências musicais, 270, 271
  variedade musical, 102
  volume, 82
Rizzolatti, Giacomo, 299-300
"Rock and Roll Music", 76
Rock, Irvin, 116
Rodgers, Richard, 77
"Roll Over Beethoven", 61
Rolling Stone Encyclopedia of Rock, 11
Rolling Stones, 64, 131, 168, 191, 296
Rollins, Sonny, 67
Rosch, Eleanor, 159-160, 162-164, 166-167, 179, 181
Ross, Brian, 180
Rossini, Gioacchino Antonio, 68
"Roxanne", 63, 136
Rubinstein, Arthur, 235, 236
Rumelhardt, David, 159-84

Sacks, Oliver, 145, 272
Saffran, Jenny, 256
"Salisbury Hill", 79
"Samba de uma nota só", 83
Sapolsky, Robert, 7, 17
"Satisfaction", 64
Scaggs, Boz, 203
Schaeffer, Pierre, 23, 62
Schellenberg, Glenn, 175-176, 254
Schlaug, Gottfried, 221, 254-255
Schmahmann, Jeremy, 197, 201, 206
Schönberg, Arnold Franz Walter, 83, 132
Schwarzenegger, Arnold, 230
Scriabin, Aleksandr Nikolayevich, 64
Segovia, Andrés, 231, 232
segregação dos fluxos, 121
seleção sexual, 282-289, 291, 298-299, 300-301
semibreves, 73
semínimas, 74
semitons, *40*, 41
serotonina, 141
Sex Pistols, 61
Shapiro, Dan, 68
Shearing, George, 121
"Sheep", 49
Shepard, Roger
  altura, 170-171
  categorização, 165
  evolução, 15
  instrutor, 167
  memória, 156
  percepção, 113, 115, 119
Shiffrin, Lalo, 79
"Shout", 193
Simon, Herbert, 120
Simon, Paul, 8, 64, 175, 238
sinal prosódico, 36
sinapses, 140
Sinatra, Frank, 167, 219, 239, 267
sincopação, 76
Sindig, Christian, 121
síndrome de Balint, 211
síndrome de Williams, 210, 243, 292-293
"Sinfonia Surpresa", 107
sintaxe musical, 144-145
síntese de FM, 58, 59
síntese de guias de onda, 58
sintetizadores, 56-59
sistema auditivo
  alerta, 208
  anatomia, 117
  cerebelo, 207, 209, 210
  código auditivo, 139-140
  completude perceptiva, 115
  fisiologia da escuta, 32, 37
  processamento neural da música, 118, 148, 214-215
  simultaneidade de ataques, 91
sistema mesolímbico, 214
sistema nervoso periférico, 140
"Sledgehammer", 193
Sloboda, John, 20-221, 222
Smith, Edward, 180, 182, 185
Smith, Julius, 58
Sociedade de Acústica da América, 28
"som dos anos 80", 59
"Somewhere Over the Rainbow", 49, 136
Sonata "Patética" de Beethoven, 136, 137, 244
Songs for Swinging Lovers (Sinatra), 219
Sonho de uma noite de verão (Shakespeare), 166
Sousa, John Philip, 77
Spencer, Herbert, 282
Sperber, Dan, 281
"Spirits in the Material World", 131-132
Springsteen, Bruce, 193, 273

"Stairway to Heaven", 161, 232
"Stayin' Alive", 192
Steely Dan, 130, 135
Sting, 63, 131-132, 136, 181, 238
Stoller, Mike, 73
"Straight Up", 69, 70, 194
sucesso e fracasso, 233-234
sulco temporal superior, 105
Summers, Andy, 181
"Super Freak", 193
"Superstition", 42, 193
surdez tonal, 212
surdez, 148
suspense, 107
sustenidos, 42

tactus, 69, 74-75. *Ver também* batida
"Take Five", 79
talento, 220-222, 291
Tallal, Paula, 199, 212
tambores, 71, 193-194
tampões de ouvido, 82
Tchaikovsky, Pyotr Ilich, 47, 64, 79, 236
"Teenage Lobotomy", 99
temas e variações, 167
tempo de valsa, 71-72, 77, 78-79
tensão e violações esquemáticas, 136
teoria construtivista da memória, 153-158, 168, 177, 179, 185
teoria da preservação de registros da memória, 153, 158-159, 168, 177, 179, 185
teoria darwiniana, 14, 279, 281-289, 291, 299
teoria das dez mil horas, 193, 194
teoria do aprendizado, 223-224
teoria exemplar, 179, 182, 185
teoria musical, 48
teoria relacional da memória, 153
terapia musical, 255
"That'll Be the Day", 74-76
The Astonishing Hypothesis (Crick), 202
The Circle Game", 241
The Language Instinct (Pinker), 281
The Mickey Mouse Club, 68
"The Rustle of Spring", 121
"The Stars and Stripes Forever", 77
"The Syncopated Clock", 259
"The Teddy Bear's Picnic", 259
The Who, 81
The Wisdom of Insecurity (Watts), 163
Thompson, William Forde, 11, 254
timbre
  agrupamento, 91
  base neural, 105
  definição, 25, 28, 54-57
  dimensões, 58-64
  expectativas, 194
  guitarras elétricas, 23
  importância, 61
  leitores do código auditivo, 139-140
  meio de expressão, 36
  música de rock, 61, 90
  paisagem sonora, 176-177
  preferências musicais, 269
  reconhecimento, 169, 175-176
tímpanos, 280, 289
tom, 24-25, 26, 48, 55, 62, 168. *Ver também* graus inteiros
tonalidade, 26, 83
tônica, 45, 46, 48
Tooby, John, 15, 295
Trainor, Laurel, 256
transposição, 86-87, 168, 185, 256
transtorno obsessivo-compulsivo (TOC), 175
transtornos do espectro autista (TEA), 292-293
Trehub, S. E., 256, 257

treinamento musical, 239
trítono (quarta aumentada), 23, 83, 257
trombones, 38
trompetes, *34*, *56*
tronco cerebral, 67, 85, 100, 237
"Tryin' to Do Something to Get Your Attention", 188
tubas, 34, 36
"Twist and Shout", 179

U2, 12
ubiquidade da música, 12-13
Ungerleider, Leslie, 183
uníssono, 85

Van Ralen (grupo), 131
Van Ralen, Eddie, 161, 239
Varèse, Edgard, 24
variáveis sociais, 228, 291-292
Vaughan, Stevie Ray, 131
verme, 207
vermes auditivos, 175
vermis cerebelar, 101, 105
versões canônicas das músicas, 172
vibração, 50-53. *Ver também* frequência
vidro quebrado, 33
Vincent, Gene, 177
Vines, Bradley, 200, 237
violinos, *34*, *56*, 269
violoncelos, 38
visão, 163-164
vocabulário musical, 17, 28, 29. Ver *também* linguagem
volume
  agrupamento, 91
  base neural, 82
  canções de amor, 275, 301
  definição, 25, 30, 79-82
  harmônicos, 55
  métrica, 26
vozes, *34*, 39, *54*, 156-158, 270-271
vulnerabilidade, 271-274

Wagner, Richard, 272
"Wake Up Little Susie", 17
"Walk This Way", 70
Wanderley, Marcelo, 237
Ward, Dixon, 169, 172
Waring, Clive, 145
Warner Bros., 48
Warren, Richard, 115
Watson, Doc, 230
Watson, James, 197, 299
Watts, Alan, 163
Wertheimer, Max, 87
West Side Story, 68
What Mad Pursuit (Crick), 197, 202-203
White, Benjamin, 155, 168
White, Norman, 16
Wittgenstein, Ludwig, 159-160, 162
Wonder, Stevie, 42, 64, 192, 193, 236, 239
"Wonderful Tonight", 61
"Would You Like to Swing on a Star", 259
Wundt, Wilhelm, 77-91

xadrez, 244, 245

Yamaha DX9 e DX7, 59
Yes, 168
"Yesterday", 130, 135
"You Really Got Me", 131
Young, Neil, 165, 238, 272, 273

Zappa, Frank, 192
Zarin, Michelle, 203
Zatorre, Robert, 185, 195, 213
Zoloft, 141

O texto deste livro foi composto em Sabon, desenho tipográfico de Jan Tschichold de 1964, baseado nos estudos de Claude Garamond e Jacques Sabon no século XVI, em corpo 11/15. Para títulos e destaques, foi utilizada a tipografia Frutiger, desenhada por Adrian Frutiger em 1975.

A impressão se deu sobre papel off-white 80g/m² pelo Sistema Digital Instant Duplex da Divisão Gráfica da Distribuidora Record.

Apesar da arraigada distinção cultural que prevalece no Ocidente entre os músicos especializados e profissionais e o comum dos mortais, Levitin afirma que todos somos mais capazes musicalmente do que imaginamos, pois nosso cérebro está profunda e diretamente conectado à música. Respeitados especialistas afirmam que a música é uma espécie de adorno parasita na periferia da natureza humana. Este livro mostra, pelo contrário, que ela é uma verdadeira obsessão no cerne da natureza humana, talvez ainda mais fundamental para nossa espécie do que a linguagem.

Daniel J. Levitin dirige o Laboratório de Percepção, Cognição e Especialização Musicais da Universidade McGill, em Montreal, Canadá, onde é titular da Bell Chair em Psicologia da Comunicação Eletrônica. Antes de se tornar um neurocientista, trabalhou como músico, engenheiro de som e produtor musical. Colaborou em publicações científicas e de música, como *Grammy* e *Billboard*.

Capa: Estúdio Insólito

O que é a música? De onde ela vem? Por que, aparentemente, é algo tão fácil para alguns, mas não para outros? Por que certas canções nos comovem e outras nos deixam indiferentes? Qual o papel da percepção, a misteriosa capacidade dos grandes músicos e engenheiros de som de ouvir nuanças que escapam à maioria das pessoas? Por que certas sequências de sons nos emocionam, ao passo que outras – como o latido de um cão ou a freada de um carro – nos incomodam?

"Quanto mais aprendi sobre música e ciência, mais fascinantes elas se tornaram (...). Tal como a ciência, a música revelou-se, ao longo dos anos, uma aventura nunca vivenciada duas vezes da mesma maneira. (...) Temos aqui a história de como o cérebro e a música evoluíram paralelamente: aquilo que a música pode nos ensinar a respeito do cérebro, o que o cérebro pode nos ensinar sobre a música, e o que ambos podem dizer a nosso respeito."

ISBN 978-85-200-0875-1

9 788520 008751